

تخطيط النقل وهندسة المرور

الأستاذ الدكتور / على محمد عبد المنعم حسن
كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية

الإسكندرية ٢٠٠٧

مقدمة

مع التطور الإقتصادي والإجتماعي والحضارى بمدننا العربية العريقة، تزداد حاجة المواطنين للتنقل. ومع زيادة أعداد السكان وملكية السيارات الخاصة، دون زيادة تذكر فى مساحة الطرق، تتضاعف مشاكل النقل والمرور.

الإختناقات المرورية، الإنتظار العشوائى للسيارات، سوء مستوى خدمات النقل العام، الحوادث، التلوث الناتج عن الضوضاء والعوادم، كل هذه المشاكل لها تأثير سلبي، ليس فقط على الإقتصاد القومى، بل أيضاً على البيئة التى نعيش فيها، على صحة المواطنين وقدرتهم على الإنتاج، وكذلك على المدن نفسها والتى بدأت بالتدريج تفقد طابعها التاريخى المميز.

وان كانت مشاكل النقل والمرور لا تتفرد بها المدن العربية، بل تعاني منها العديد من مدن العالم، إلا أن الأساليب الحديثة فى التخطيط، والتى تتطور عاماً بعد آخر، ما زالت بعيدة إلى حد ما عن الكثير من المدن العربية. ويرجع السبب فى ذلك إلى العجز الكبير فى أعداد مهندسى تخطيط النقل وهندسة المرور.

يتضمن هذا الكتاب المبادئ الأساسية التى يحتاجها المهندس المتخصص، وكذلك طلبة كليات الهندسة الذين لم يدخلوا بعد الحياة العملية. وقد حاولت عن طريق الشرح المفصل عرض عناصر تكنولوجيا تخطيط النقل وهندسة المرور داخل المدن، وإلقاء الضوء على أهم النظريات والأساليب المختلفة فى التخطيط والتشغيل، وأتمنى أن أكون قد وفقت فى ذلك.

أشكر جميع من عاوننى فى تجهيز هذا الكتاب، وأخص الذكر إبننتى سارة الطالبة بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية، لقيامها بإعداد معظم الأشكال، وتصميم الغلاف.

أ.د. على محمد عبد المنعم حسن

الباب الأول: تخطيط النقل

- ١- مقدمة
- ٢- خصائص الرحلات داخل المدن
 - ١-٢ أغراض الرحلات
 - ٢-٢ تكرار الرحلات
 - ٣-٢ توزيع الرحلات على وسائل النقل
- ٣- مراحل تخطيط النقل
 - ١-٣ جمع وتحليل البيانات
 - ١-١-٣ الهدف من جمع البيانات
 - ٢-١-٣ المنطقة موضوع الدراسة
 - ٣-١-٣ نوعية البيانات
 - ٤-١-٣ طرق جمع البيانات
 - ٥-١-٣ العينة الإحصائية
 - ٢-٣ التنبؤ بالمستقبل
 - ١-٢-٣ تقدير النمو المنتظر للعناصر المكونة لنظام النقل
 - ٢-٢-٣ تقدير خصائص رحلات المستقبل (نماذج النقل)
 - ١-٢-٢-٣ نماذج الإنبثاق والجذب
 - ٢-٢-٢-٣ نماذج التوزيع
 - ٣-٢-٢-٣ نماذج الاختيار
 - ٤-٢-٢-٣ نماذج التخصيص
 - ٣-٣ وضع الحلول البديلة
 - ١-٣-٣ تحديد الحلول الفنية البديلة
 - ٢-٣-٣ التنبؤ بفاعلية الأساليب الفنية
 - ٤-٣ تقييم الحلول البديلة

تمارين

الباب الثاني: تخطيط النقل العام

- ١- واجبات نظم النقل العام داخل المدن
 - ٢- إستراتيجية تخطيط شبكات النقل العام
 - ٣- نماذج شبكات النقل العام
 - ٤- نماذج خطوط النقل العام
 - ٥- وسائل النقل
 - ٦- المقارنة بين نظم النقل العام
 - ١-٦ المسارات
 - ٢-٦ المساحات الآزمة
 - ٣-٦ تكاليف النقل
 - ٤-٦ مترو الإنفاق والمترو الحضري
 - ٧- مرافق النقل العام
 - ١-٧ الطريق
 - ٢-٧ المحطات النهائية
 - ٨- مبادئ الحركة
 - ١-٨ تعاريف
 - ٢-٨ سعة خطوط النقل العام
 - ٣-٨ قدرة نظم النقل
 - ٤-٨ جداول المسير
 - ٩- مبادئ التشغيل الإقتصادي على محاور النقل العام
- تمارين

الباب الثالث: تخطيط النقل والبيئة

- ١- مقدمة
- ٢- الضوضاء
 - ١-٢ شدة الضوضاء
 - ٢-٢ العوامل المؤثرة على شدة الضوضاء
 - ٣-٢ شدة الضوضاء المسموح بها

٣- العوادم

٣-١ التركيب الكيميائي للعوادم وأثره

٣-٢ تقليل كميات العوادم

٣-٣ حساب كميات العوادم

٤- التنمية المتواصلة لنظم النقل

٤-١ النقل، الإقتصاد، والبيئة

٤-٢ مشاكل النقل الحالية داخل المدن

٤-٣ أساليب تخطيط النقل

٤-٤ عناصر التنمية المتواصلة لنظم النقل

٤-٤-١ تقليل احتياجات

٤-٤-٢ تدعيم نظم النقل العام كبديل للسيارة الخاصة

٤-٤-٣ تحسين إنسيابية المرور على شبكة الطرق

تمارين

الباب الرابع: تخطيط النقل والتحليل الإقتصادي

١- التقييم المادي

١-١ معدل العائد

١-٢ التكلفة الكلية السنوية

١-٣ فترة الإسترداد

١-٤ تحليل المنفعة/التكاليف

٢- التقييم متعدد المعايير

تمارين

الباب الخامس: هندسة المرور

١- إنسياب حركة المرور على الطرق بين النقاطات

١-١ مستويات الخدمة

١-٢ كثافة المرور

١-٣ العلاقة بين مشغولية طريق - كثافة المرور - السرعة

٢- إنسياب حركة المرور عند التقاطعات

١-٢ نقاط التصادم المرورية

٢-٢ التقاطعات بدون إشارات مرور ضوئية (مزودة فقط بعلامات مرور)

١-٢-٢ زمن التدفق

٢-٢-٢ سعة التقاطعات

٣-٢-٢ التأخيرات المتوقعة

٣-٢ التقاطعات بإشارات المرور الضوئية

١-٣-٢ أنواع إشارات المرور الضوئية

٢-٣-٢ تتابع الأضواء بإشارة مرور

٣-٣-٢ دورة إشارة المرور

٤-٣-٢ برنامج إشارة المرور

٥-٣-٢ حساب أزمنة إشارة المرور

٦-٣-٢ التأخيرات المتوقعة

٤-٢ التقاطعات بإشارات الموجة الخضراء

٥-٢ تقاطعات على مستويات رأسية

المشاة ١٦٤

١-٣ مرافق المشاة ١٦٤

٢-٣ كثافة حركة المشاة ١٦٧

٣-٣ حساب إحتياجات مرافق المشاة ١٦٨ - ١٦٩

١٧٠ إنتظار السيارات

١-٤ الحاجة لأماكن إنتظار السيارات ١٧٠

٢-٤ تخطيط أماكن الإنتظار ١٧٢ ← ١٧٨

١٧٩ الحوادث والأمان المروري

١-٥ أنواع الحوادث ١٧٩

٢-٥ أسباب الحوادث ١٧٩

٣-٥ رصد الحوادث على الطريق ١٧٩

٤-٥ كثافة الحوادث على طريق ١٨٠

٥-٥ معدل الحوادث على طريق ١٨٠

٦-٥ الوقاية من حوادث المرور ١٨١

عناصر التخطيط الهندسي لشبكات الطرق ١٨٣

(٦-)

١-٦ تصنيف الطرق ١٨٣

٢-٦ توصيف الطرق ١٨٤

٣-٦ نماذج شبكات الطرق ١٨٦ - ١٨٨

إدارة المرور ١٨٨

(٧-)

١-٧ تهدئة المرور بالمناطق السكنية ١٨٨

٢-٧ تحسين فرص التنقل بمنطقة وسط المدينة ١٩٣

٣-٧ تحسين إنسياب المرور على شبكة الطرق الرئيسية ١٩٣ - ١٩٤

تمارين ١٩٥

تخطيط النقل

Transportation Planning

١- مقدمة

التخطيط العام للنقل داخل المدن قضية متعددة الجوانب، تتعرض لحياة المواطنين الخاصة وتحركاتهم، فكل مواطن يختار وفقاً لظروفه الشخصية زمن قيامه برحلته اليومية للأغراض المختلفة، ووسيلة المواصلات المستخدمة، وربما أيضاً الطريق الذي سيسلكه.

ومع الزيادة المستمرة في أعداد السكان بالمدن ومتطلبات الحياة الحضرية الحديثة، تصبح نظم النقل المتاحة تدريجياً غير قادرة على تحقيق مستوى خدمة مناسب لنقل المواطنين. كذلك تتسبب الزيادة المضطردة في أعداد السيارات ووسائل النقل المختلفة في تولد الإختناق ومشاكل المرور على شبكات الطريق، فتزداد أعداد الحوادث وتعرض المدن للضوضاء والتلوث نتيجة عوادم السيارات.

إن التخطيط العام للنقل داخل المدن قضية متعددة المراحل والهدف الأساسي منها هو وضع القواعد اللازمة لضمان الإستقرار الدائم لنظم النقل لمجابهة التطور الحضري المستمر وذلك وفقاً لبرنامج أهداف محدد يضمن، بقدر الإمكان، تلبية رغبات المواطنين للتنقل بأمان وبمستوى خدمة مناسب.

إن التخطيط العام للنقل داخل المدن، وهو جزء لا يتجزأ عن التخطيط العمراني، قضية لا نهائية لها، فهو قابل للتعديل والتطوير المستمر على ضوء ما يستجد بالمدينة موضوع الدراسة.

٢- خصائص الرحلات داخل المدن

Trip Characteristics or Travel Behaviour

(عند تخطيط مشاريع النقل يسعى المخطط للتعرف على خصائص تحركات المواطنين داخل المدينة موضوع الدراسة، أو بتعبير آخر التعرف على خصائص رحلات المواطنين. ويقصد بالرحلة هنا الطريق بين نقطتين (بداية الرحلة ونهاية الرحلة أو المصدر والهدف)، والذي يقطعه المواطن لغرض معين، وفي وقت معين، وبوسيلة نقل معينة.

وعلى ذلك فإن خصائص الرحلات يمكن التعبير عنها بأنها الأسلوب المميز للرحلات من حيث :

- الغرض
- التكرار
- وسائل التنقل المستخدمة
- التوزيع الجغرافى
- التوزيع الزمنى

وللوصول إلى تخطيط منطقي يحوى خصائص ورغبات المواطنين، يسعى المخطط لدراسة تأثير المواطن (من حيث السن - الجنس - الوظيفة - المستوى التعليمى - وخلافه) فى تولد هذه الرحلات.

٢-١ أغراض الرحلات

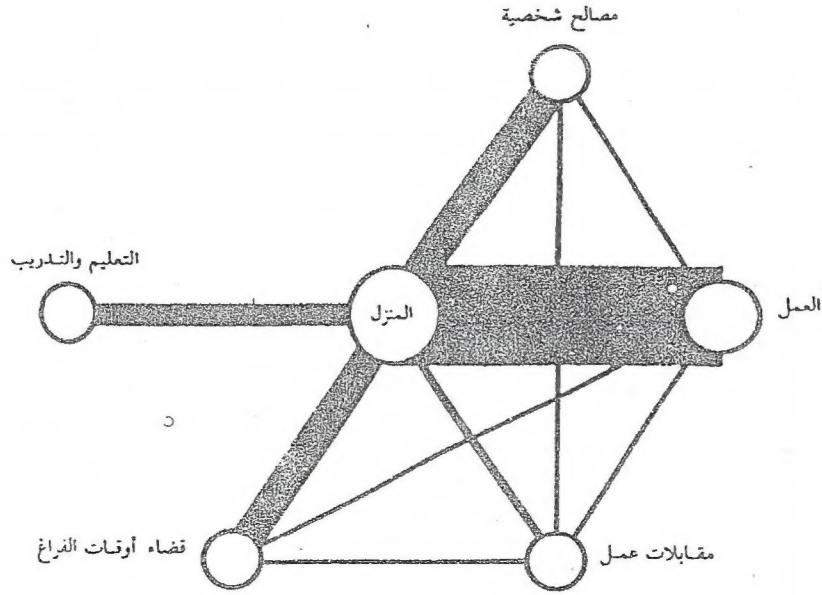
Trip Purpose

يتحرك المواطنون داخل المدن من أجل تحقيق أهداف مختلفة منها:

- الذهاب للعمل
- التعليم والتدريب
- مقابلات عمل
- تادية المصالح الشخصية
- قضاء أوقات الفراغ

وبتحليل أعداد الرحلات للأغراض المختلفة بمدن العالم الثالث، إتضح أن حوالى ثلث مجموع الرحلات اليومية بهذه المدن هى رحلات بغرض قضاء أوقات الفراغ وتادية المصالح الشخصية، وهى الرحلات ذات الطابع الإختياري.

هذه النسبة ضئيلة بالمقارنة بمثيلتها بمدن الدول المتقدمة والتي قد تصل إلى أكثر من ثلثي مجموع الرحلات اليومية. ويمكن تحليل ذلك بأن مشاكل التنقل والمرور ومستوى المعيشة بمدن العالم الثالث تؤثر تأثيراً مباشراً فى تحديد نوعية الرحلات فتكون الأولوية لرحلات العمل والتعليم ذات الطابع الإلزامي (شكل رقم ١) .

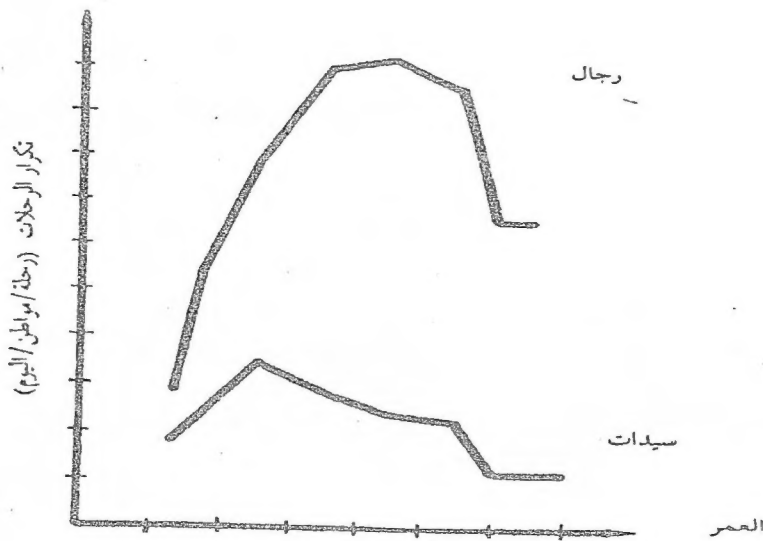


شكل ١: توزيع الرحلات على الأغراض المختلفة - مثال القاهرة الكبرى

٢-٢ تكرار الرحلات

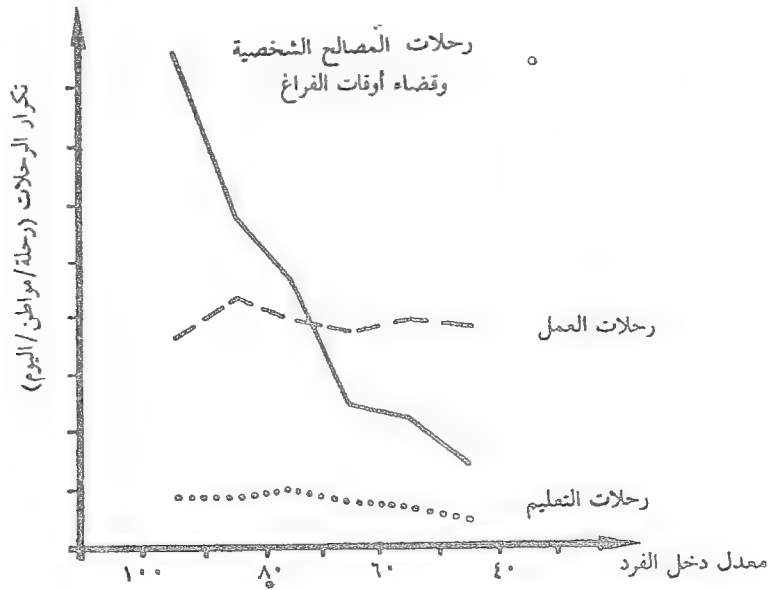
Mobility

(يمكن التعبير عن تكرار الرحلات بمتوسط عدد الرحلات التي يقوم بها المواطن في اليوم الواحد (رحله/مواطن/يوم) وتتغير أعداد الرحلات لكل مواطن تبعا لتغير السن، الجنس والمستوى الاجتماعي، كذلك مع تنوع أغراض الرحلات) ونتيجة دراسة تأثير العمر والجنس على أعداد الرحلات - بصفة عامة - يتضح أن عدد مرات تكرار الرحلات اليومية للمواطنين تزداد تدريجيا كلما زاد العمر حتى تصل إلى أقصى قيمة لها (بين ٤٠-٥٠ عاما للرجال، ٢٠-٤٠ عاما للسيدات)، ثم تنخفض بعد ذلك تدريجيا (شكل ٢).



شكل ٢: تأثير العمر والجنس على تكرار الرحلات

كما يتضح أيضاً أن عدد الرحلات اليومية للرجال تزيد كثيراً عن عدد رحلات السيدات. وقد أثبتت الدراسات أن عدد الرحلات اليومية للمواطنين لا تتأثر كثيراً عند قطع الرحلات ذات الطابع الإلزامي (رحلات العمل والتعليم)، بينما ينخفض عدد الرحلات للأغراض الأخرى تدريجياً كلما إنخفض المستوى الإجتماعي (معدل الدخل)، كما في شكل ٣.



شكل ٣: تأثير المستوى الإجتماعي على تكرار الرحلات

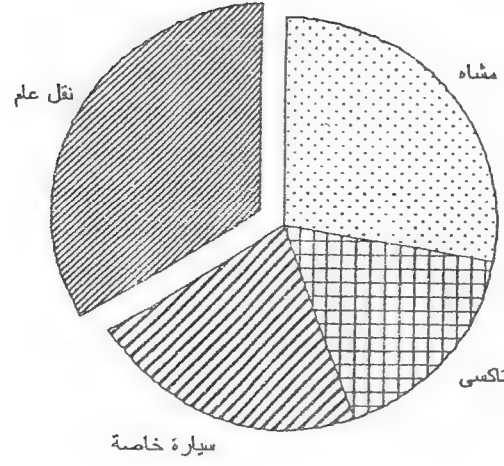
- ١) هذا وقد أثبتت الدراسات أيضاً أن متوسط عدد رحلات المواطنين بمدن الدول النامية أقل بكثير عن عدد رحلات المواطنين بمدن الدول المتقدمة، ويرجع ذلك للأسباب الآتية:
- مشاكل التنقل والمرور تدفع كثيراً من مواطني الدول النامية إلى الإستغناء عن بعض الرحلات ذات الطابع الإختياري.
 - إنخفاض تكرار رحلات السيدات بالدول النامية.
 - أعداد المواطنين من الشباب والأطفال أقل من ٢٠ عاماً بالدول النامية حوالي نصف أعداد السكان.

Modal Split

٢-٣ توزيع الرحلات على وسائل النقل

نسب توزيع أعداد الرحلات التي يقطعها المواطنون يومياً بوسائل النقل المختلفة، كما في شكل ٤:

- على الإقدام
- النقل العام
- السيارة الخاصة
- التاكسي



شكل ٤: نسب توزيع الرحلات على نظم النقل المختلفة (مثال)

ويتوقف إختيار المواطن لوسيلة نقل ما على عوامل كثيرة منها:

- السن والجنس والوضع الإجتماعي
- مستوى الخدمة بالنقل العام
- ملكيته لسيارة خاصة
- تكاليف وزمن الرحلة
- توافر أماكن إنتظار (عند نهاية الرحلة)
- غرض الرحلة

(O/D) Matrix

٢-٤ التوزيع الجغرافي للرحلات

Origin/Destination of the Trips

يقصد بالتوزيع الجغرافي للرحلات تحديد عدد الرحلات بين مراكز الحركة المختلفة (خلال النقل) بالمدينة موضوع الدراسة، وذلك من مصدر معين origin إلى هدف معين destination، لكل وسيلة نقل ولأغراض الرحلات المختلفة.

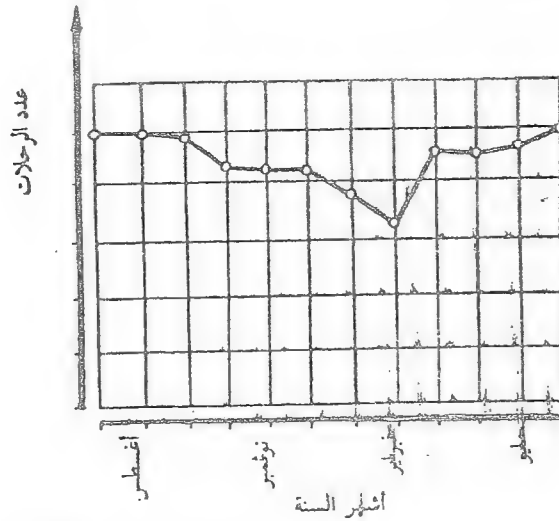
٢-٥ التوزيع الزمني للرحلات (شكل ٥)

Time Distribution of Trips

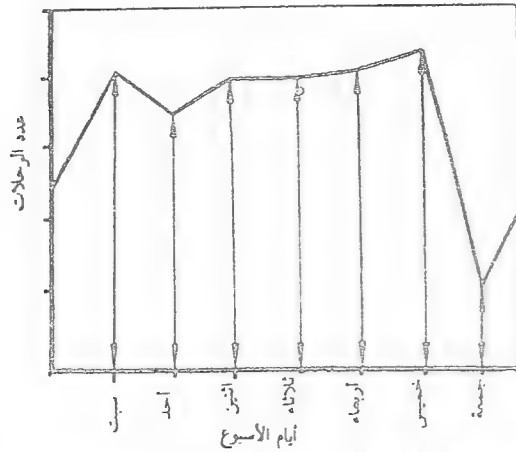
تتغير أعداد الرحلات بالمدن وذلك:

- شهرياً على مدار العام
- يومياً خلال الأسبوع
- وفي كل ساعة من ساعات اليوم الواحد

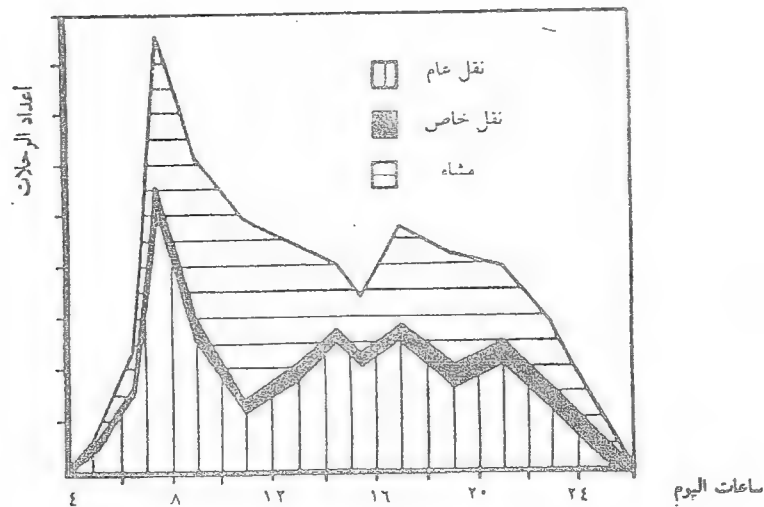
ويتضح من تحليل التوزيع الزمني للرحلات قلة عدد الرحلات خلال أشهر الأجازات وأيام عطلة نهاية الأسبوع، كذلك يظهر التوزيع الزمني للرحلات ساعات الذروة اليومية.



شكل ٥- أ: توزيع الرحلات شهريا على مدار العام



شكل ٥- ب: التوزيع اليومي للرحلات خلال أسبوع



شكل ٥ - ج: توزيع الرحلات خلال ٢٤ ساعة

Transportation Planning Process

ينفذ التخطيط الشامل للنقل بالمدن على عدة مراحل:

- ١- جمع وتحليل البيانات
- ٢- التنبؤ بالمستقبل
- ٣- وضع الحلول البديلة (والقنبؤ بفاعليتها)
- ٤- تقييم الحلول البديلة (فنياً وإقتصادياً وبيئياً وإجتماعياً)
- ٥- إختيار الحل الأمثل الذى يحقق برنامج الأهداف
- ٦- التصميم والتنفيذ والمتابعة

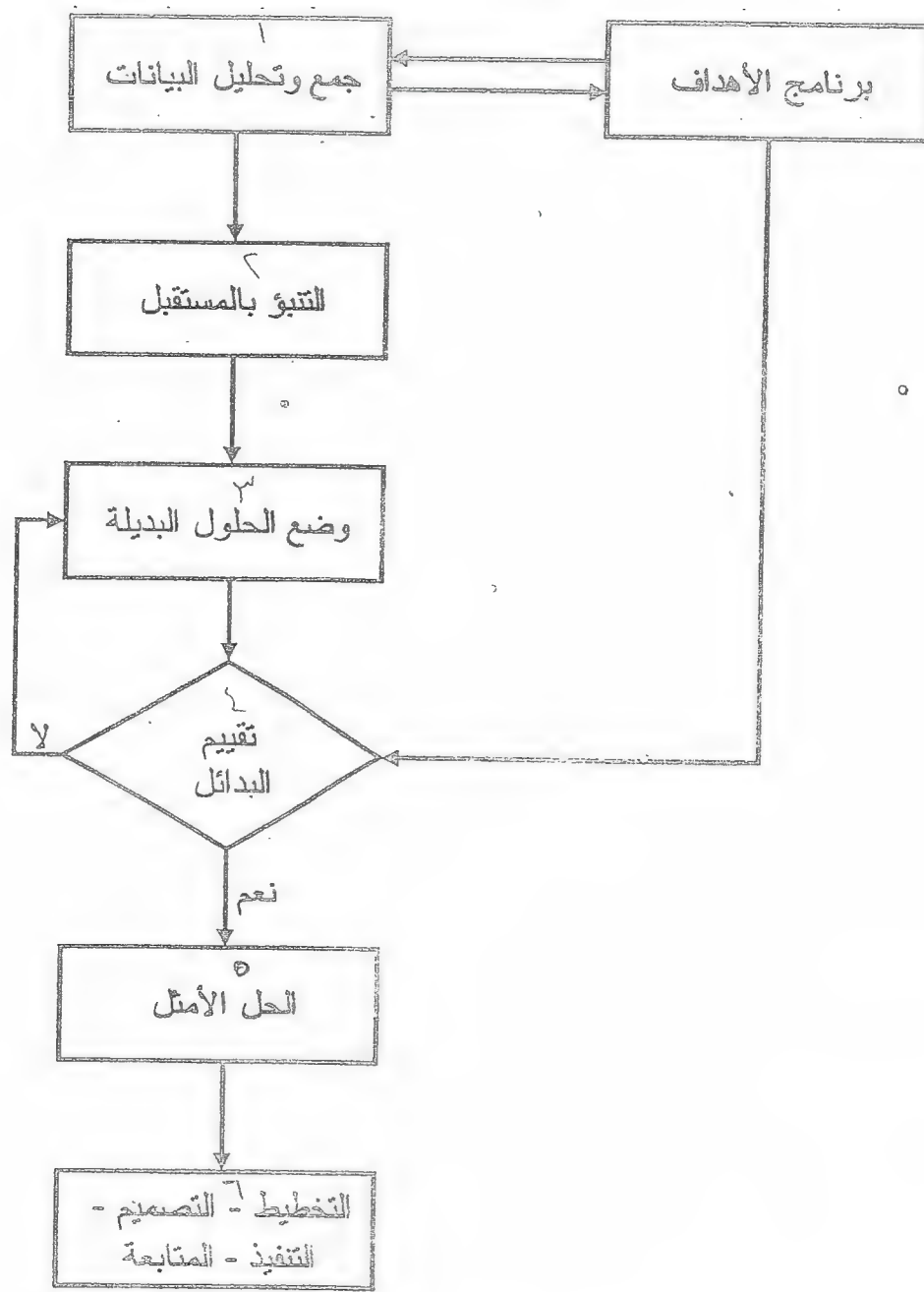
هذا وفى حالة ظهور أية ملاحظات عند المتابعة أو فى حالة الرغبة فى تغيير نظام الأهداف (الرفع مستوى الخدمة، على سبيل المثال)، يتم إعادة مراحل التخطيط مرة أخرى بهدف الوصول لحل أمثل جديد.

٣-١ جمع وتحليل البيانات

Data Collection and Analysis

من الضرورى فى هذه المرحلة تحديد ما يلى:

- الهدف من جمع البيانات
- المنطقة موضوع الدراسة وتقسيمها لخلايا نقل
- نوعية البيانات
- طرق جمع البيانات
- العينة الإحصائية



شكل ٦: مراحل التخطيط الشامل

٣-١-١ الهدف من جمع البيانات

Objectives of Data Collection

من الطبيعي أنه لا يمكن معالجة مشكلة ما قبل إكتشاف حوثها. وفي الغالب لا يمكن تحديد المشكلة إلا عن طريق ملاحظة أثارها، وعلى هذا فإنه لإجراء تخطيطاً بهدف معالجة مشاكل النقل والمرور بإحدى المدن لابد أولاً من جمع بيانات معينة لتحديد ماهية المشكلة ومعرفة العوامل المسببة لها. لإمكان البحث عن حل لها. وتجمع البيانات أيضاً بهدف التعرف على الإحتياجات اليومية للمواطنين للتنقل للعمل على تغطيتها بقدر الإمكان.

The Study Area

قبل البدء فى عملية جمع البيانات يقوم المخطط بتحديد المنطقة موضوع الدراسة، وغالباً ما تمتد خارج الحدود الإدارية للمدينة لتشمل أيضاً المناطق المجاورة التى تؤثر رحلات مواطنيها على نظام المواصلات بالمدينة (الرحلات اليومية البندولية ذهاباً وعودة). وبعد تحديد المنطقة موضوع الدراسة يقوم المخطط بتقسيمها إلى خلايا صغيرة تعرف بخلايا النقل Traffic Zones (شكل ٧).

ومن الصعب وضع قواعد لتقسيم مدينة ما لخلايا نقل نظراً لإختلاف التخطيط العمرانى لكل مدينة، كذلك يرتبط تحديد مساحة كل خلية على الدقة المطلوب تحقيقها من التخطيط، وإن كانت الخصائص العامة لخلايا النقل التى ينصح بها وفقاً للخبرة العلمية يمكن إيجازها فيما يلى:

- تجانس الخلية من حيث طبيعة إستعمالات الأراضى والمستوى الإجتماعى لسكانها.
- يجب أن يمر داخل الخلية طريق أو أكثر.
- لا يزيد عدد السكان أو أماكن العمالة بالخلية فى الغالب عن ٥٠,٠٠٠ ولا يقل عن ٢,٠٠٠ .

هذا وقد تنطبق حدود خلايا النقل مع الحدود الإدارية للمدن (أحياء - أقسام - شياخات) أو لا تنطبق.



شكل ٧: منطقة الدراسة وتقسيمها لخلايا نقل

The Types of the Data

البيانات التي يحتاج المخطط لتجميعها عن المنطقة موضوع الدراسة يمكن إيجازها فيما يلي:

- ١- بيانات عامة (التطور التاريخي، الظروف الطبيعية)
- ٢- التكوين الحضري (استخدامات الأراضي- التطور الحضري- العمالة- الأوضاع الاجتماعية والإقتصادية)
- ٣- نظام المواصلات (عناصر النظام- خصائص الرحلات)

أولاً - البيانات العامة

General Data

أ) التطور التاريخي

- دراسة التخطيط العمراني للمدينة وقت إنشائها، ثم تطورات نموها (سواء كان ذلك نمواً وفقاً لتخطيط أو نمواً عشوائياً) وذلك بغرض التعرف على:
- المبادئ الأساسية لتخطيط المدينة وفقاً للعادات الاجتماعية والدينية
 - اتجاهات نمو المدينة والأسباب التي نتج عنها إختيار تلك الاتجاهات وفقاً للظروف الطبيعية

ب) الظروف الطبيعية

- الظروف الجوية (درجات حرارة- الرطوبة- الأمطار- الرياح)
- الجيولوجية (تكوين الطبقات- تحركات المياه الجوفية- أنواع الفوالق)
- الطبوغرافية (التضاريس- العوائق الطبيعية "الجبال، الأنهار، الأراضي الزراعية")

ويستخدم المخطط البيانات الخاصة بالظروف الطبيعية للمنطقة موضوع الدراسة في:

- إختيار وسائل النقل الملائمة
- إختيار موقع شبكة الطرق ومسارات وسائل النقل العام
- حماية المشاة وكذلك المواطنين عند المحطات من الظروف الجوية

ثانياً- التكوين الحضري

Urban Context

أ) استخدامات الأراضي

Land Use

المقصود باستخدامات الأراضي هو كيفية الإستغلال العمراني للمساحات المتاحة بالمنطقة موضوع الدراسة. ويمكن تحديد ذلك عن طريق تجميع بيانات عن:

Land Use Categories

- نوعية إستخدامات الأراضي

المساحات المبنية- المساحات الصالحة للبناء- المساحات المخصصة للطرق وإنتظار السيارات-
المساحات الخضراء

Land Use Densities

- كثافة إستخدامات الأراضي وتوزيع الكثافات بالمدينة

الكثافة السكانية- الكثافة العمالية

Land Use System

- نظام إستخدامات الأراضي

توزيع المساحات المختلفة بجوار بعضها داخل المدينة- موقع مركز المدينة والمراكز الفرعية-
توزيع أماكن العمل.

تستخدم تلك البيانات المجمعة في دراسة العلاقة التي تربط تحركات المواطنين داخل المنطقة
موضوع الدراسة بإستخدامات الأراضي، وذلك بهدف التنبؤ بحجم تلك التحركات في المستقبل، ما
إذا تغير أسلوب إستخدام الأراضي لتحقيق ظروف معيشة أفضل للمواطنين. الجدول التالي يبين
الأستخدام الأمثل للأراضي بالمدن.

الكثافة المطلوبة (م ² /ساكن)	النسبة المطلوبة من مساحة المدينة (%)	إستخدامات الأراضي
٧٥ - ٣٠	٣٤	السكن
٤٠ - ٢٠	١٩	العمل
٢٥ - ١٠	١٢	الطرق
		المرافق العامة (مدارس- جامعات- أندية- مقاهي- المرافق الهندسية)
١٧ - ٦	١٠	
٥٠ - ٢٥	٢٥	المساحة الخضراء
٢٠٧ - ٩١	١٠٠	المجموع

Urban Development

(ب) التطور الحضري

يقصد بالتطور الحضري بدولة ما هو زيادة معدل نمو عدد سكان المدن بها عن معدل نمو عدد
سكان أهل الريف، وهذا يرجع إلى الهجرة المستمرة للمدن، وعلى وجه الخصوص إلى المدن
الكبرى. وبصفة عامة فإن الهجرة للمدن تنشأ نتيجة قوى جذب للمدن وقوى طرد من الريف.

قوى التجنب نتيجة تركز الأنشطة التجارية والصناعية والإدارية والخدمات بالمدن، كذلك تزايد فرص التعليم وأماكن قضاء وقت الفراغ، فضلاً عن تمتع المدن بالكهرباء والمياه والتليفونات والطرق المرصوفة وغيرها من مظاهر المدينة.

وقوى الطرد نتيجة إزدياد عدد سكان الريف عن إحتياجات الزراعة، فمعدل زيادة الرقعة الزراعية غالباً ضئيل. كذلك تتولد قوى الطرد نتيجة تفتت الملكية الزراعية وضعف الدخل في الريف عن المدن.

إن النمو الحضري رمزاً للحضارة، ولكنه يؤدي بصورة غير مباشرة إلى أضرار جسيمة للمدن، فغالباً ما ينتج عنه عدم قدرة المدن الكبرى ومرافقها على إستيعاب أعداد المهاجرين. ونظراً لقلّة فرص العمل فهم يسعون بشتى الطرق - سواء مشروعة أو غير مشروعة- لتوفير فرص الحياة لهم فهم يعتبرون حياتهم في المدينة (مهما كانت) إرتفاعاً في مستوى معيشتهم.

إن عناصر النمو الحضري بمدينة ما هي:

- الزيادة الطبيعية (مواليد - وفيات)

- الهجرة إلى المدن

ويمكن حساب معدل الهجرة بمدينة ما بإستخدام العلاقة التالية:

معدل الهجرة = معدل زيادة السكان - معدل الزيادة الطبيعية

مثال

في الفترة بين ١٩٩٩ حتى ٢٠٠٥ كان معدل الزيادة السكانية بمدينة ما ٤% سنوياً والزيادة الطبيعية ٢% أحسب معدل الهجرة خلال هذه الفترة.

الحل

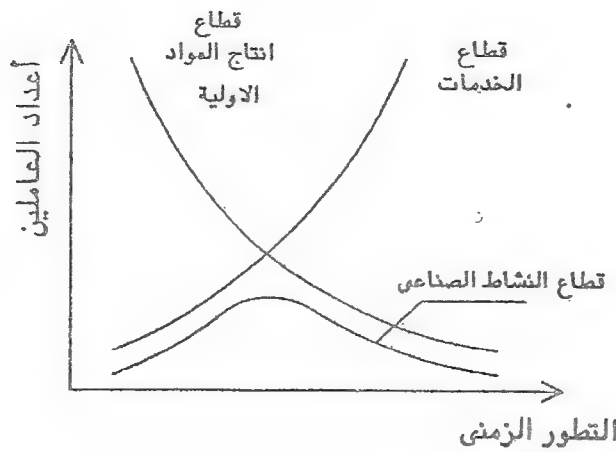
معدل الهجرة (٢٠٠٥-١٩٩٩) = ٤-٢ = ٢% سنوياً

(ج) العمالة

Employment

نظراً لأن معظم التحركات اليومية للمواطنين بالمدن تجرى بهدف الذهاب إلى أماكن العمل والعودة منها، لذا فإن الوصف الدقيق لظروف العمالة بالمدينة موضوع الدراسة يتوقف عليه صحة التنبؤ بحجم التنقلات اليومية للمواطنين بها. ولوصف ظروف العمالة بمدينة ما تجمع بيانات عن:

- التطور التاريخي لأعداد العاملين بالمدينة
 - التطور التاريخي لمعدلات العمالة بالمدينة (معدل العمالة = أعداد العاملين بالمدينة كنسبة من أعداد السكان بها)
 - توزيع أعداد العاملين وفقاً لنوع الوظائف (شكل ٨)
- ويمكن تقسيم أنواع الوظائف إلى القطاعات الاقتصادية المختلفة التالية:
- النوع الأول: إنتاج المواد الخام (زراعة - الصيد - المناجم)
- النوع الثاني: الإنتاج الصناعي (صناعة - طاقة - بناء - ورش)
- النوع الثالث: الخدمات (تجارة - مواصلات - تأمين - بنوك - مطاعم - خلافة).



شكل ٨ : التطور الزمني لأعداد العاملين بالقطاعات الاقتصادية المختلفة

Socio-economic Conditions

الأوضاع الاجتماعية - الاقتصادية

يقصد بدراسة الوضع الاجتماعي - الاقتصادي هو وصف حالة المواطنين الاجتماعية نتيجة الظروف الاقتصادية بالمنطقة موضوع الدراسة، وذلك بهدف البحث عن العلاقة المتبادلة بين هذه الأوضاع وخصائص رحلات المواطنين. ولوصف الأوضاع الاجتماعية - الاقتصادية بمنطقة ما تستخدم عادة بعض المقاييس مثل:

- قيمة الإنتاج المحلي
- توزيع الدخل
- توزيع الأعمار
- عدد الأفراد بالأسرة
- مستوى التعليم
- ملكية السيارات (سيارة/ ١٠٠٠ مواطن)
- استهلاك الكهرباء والمياه

Transportation Systems

للحصول على صورة واضحة لنظام المواصلات الحالى بمدينة ما، من الضروري تجميع بيانات عن عناصر نظم النقل المختلفة (النقل العام، وحدات السير الخاصة، والمشاه). هذا بالإضافة إلى بيانات عن خصائص الرحلات الموضحة سابقاً تحت بند ٢.

Public Transport Systems

(أ) نظم النقل العام

Network

- الشبكة

طول الشبكة - شكلها - كثافتها (متر/ مواطن) - عدد الخطوط - مجال تأثير المحطات - أطوال المسارات الخاصة بالنقل العام والتي لا تسير عليها العربات الخاصة.

° Transport Modes

- وحدات السير

عددتها - نوعها - تاريخ صنعها - صلاحيتها للعمل

Operation

- التشغيل

عدد وحدات النقل العام التي تمر عند قطاع عرضى بطريق ما خلال فترة زمنية محددة (وحدة سير/ وحدة زمن)

Level of Service

- مستوى الخدمة

معامل الإعتماد على النقل العام (جداول المسير وكفاءة تنفيذها) - السرعات - زمن الرحلة

Tariff

- تعريفة النقل

قد تكون تعريفة النقل موحدة لجميع وسائل النقل العام أو متغيرة (وفقاً لطول الرحلة ووسيلة النقل)

Increasing the Number of Passengers

- الزيادة السنوية في أعداد الركاب

Road Transport

(ب) نظام النقل على الطرق

Road Network

- شبكة الطرق

طول الشبكة - شكلها - كثافتها (متر/ مواطن أو متر/ وحدة سير) - أنواع الطرق وقطاعاتها (طرق سريعة - شوارع رئيسية - شوارع تجميع - شوارع محلية) - الأعمال الصناعية (كالكبرى والأنفاق) - أنواع الطرق وفقاً لقواعد المرور (شوارع اتجاه واحد - اتجاهين - شوارع بها حارات خاصة للنقل العام - شوارع للنقل العام فقط)، تجهيزات الطرق من إشارات وعلامات مرورية، ممرات مشاه.

Traffic Characteristics

- خصائص المرور

التوزيع الزمني لحجم المرور على شبكة الطرق - تركيبة المرور - مشغولية السيارة الخاصة (راكب/ سيارة) - السرعة - سعة الطرق - العلاقة بين السرعة ومشغولية كل طريق - مستوى الخدمة لكل طريق، أماكن الاختناقات ونوعها.

Parking

- إنتظار السيارات

التوزيع الجغرافي لأماكن الإنتظار داخل المدينة- نوع الإنتظار (على جانب الطريق- بجوار عدادات- فى جراجات أو أماكن إنتظار عامة أو خاصة)- نظام تخطيط أماكن الإنتظار- زمن الإنتظار- تعريف الإنتظار.

- تطور أعداد حوادث المرور Historical Development of Accident Number

التطور التاريخي لأعداد الحوادث ومواقعها وأسبابها (خلل بوسيلة النقل، أخطاء سائقين، عيوب فى الطريق)، بالإضافة إلى نوعية الحوادث (موت- جرحى- خسائر مادية)

Pedestrian Movements

ج) عناصر نظام تحركات المشاة

- طرق المشاة والمناطق المخصصة للمشاة فقط: طول الشبكة- شكلها- كثافتها
- قواعد حماية المشاة عند التقاطعات والمدارس والمناطق التجارية (إشارات مرورية- جزر المشاة- حواجز الأمان - ممرات المشاة).

٣-١-٤ طرق جمع البيانات

Methods of Data Collection

لإمكان إجراء تخطيط لمشاريع النقل يحتاج المخطط جمع بيانات عديدة عن طريق:

- الاستقصاء

- العد والقياس

يطلق لفظ (مساح) على الفرد الذى يقوم بجمع البيانات عن طريق الاستقصاء أو العد والقياس.

Questionnaire

أولاً: الاستقصاء

عن طريق الاستقصاء يمكن جمع بيانات عن خصائص الرحلات التي يقوم بها المواطنين فى المنطقة موضوع الدراسة، كذلك جمع بيانات عنهم (السن - الجنس - الوضع الإجتماعي). وفقاً للخبرة العملية فإن بعض المواطنين لا يعطون بيانات دقيقة أثناء الاستقصاء لعدم إدراكهم لأهميته، لذا فمن الضروري قبل إجراء الاستقصاء توعية الجماهير عن طريق وسائل الإعلام عن أهمية هذه البيانات فى الحصول على تخطيطاً سليماً يراعى فيه تغطية احتياجاتهم.

ومن طرق الاستقصاء المعروفة:

- استقصاء المنازل Household Interview
- استقصاء الطرق (الكردون) Roadside Interview
- استقصاء أماكن الإنتظار Park Place Interview
- استقصاء النقل العام Public Transport Interview

(أ) إستقصاء المنازل (شكل ٩)

من الضروري لإجراء التخطيط الشامل للنقل إجراء إستقصاء بالمنازل. هذا وقد يتطلب تخطيط بعض مشاريع النقل إلى جمع بيانات من أماكن الأعمال (Work Place Interview) (المصالح الحكومية - الشركات - المصانع) أو المدارس أو الجامعات. ولإجراء الإستقصاء بالمنازل يجب أولاً تحديد عدد معين من الوحدات السكنية يتم فيها الإستقصاء عن رحلات أفرادها، إذ أنه من الصعب (بسبب الجهد والتكاليف) جمع بيانات من جميع الوحدات السكنية بالمنطقة موضوع الدراسة.

ومن الصعب إحصائياً هنا تحديد العينة التي تمثل المجتمع (المجموع الكلى للوحدات السكنية) بدرجة ثقة معينة، وإن كانت تحدد وفقاً للخبرة العملية كما بالجدول التالي:

عدد السكان بالمنطقة موضوع الدراسة	حجم العينة (الوحدات السكنية المختارة للإستقصاء)	حجم العينة كنسبة مئوية من حجم المجتمع (%)
$1000000 >$	وحدة سكنية من كل ٤ وحدات سكنية	٢٥
$1000000 - 1500000$	٧٠	١٤,٣
$3000000 -$	١٠	١٠
$5000000 -$	١٥	٦,٧
$10000000 - 5000000$	٢٠	٥
$10000000 <$	٢٥	٤

(ب) إستقصاء الطرق

في الإستقصاء الشفوي بالطرق يتم إيقاف مجموعة عشوائية من وحدات السير المارة (عينة) بمعرفة رجال الشرطة عند مراكز تجميع مختارة ثم يقوم المساحون بالإستفسار عن هدف الرحلة ومصدرها - الغرض من الرحلة - عدد الركاب - نوع وحدة السير، مع ملاحظة ضرورة تدوين ساعة إجراء الإستقصاء. وتختار مواقع مراكز التجميع على الطرق المؤدية إلى خلايا النقل لإمكان حصر المرور الداخل والخارج منها وبشرط ألا ينتج عن ذلك إختناقات مرورية. عند كل مركز تجميع يتواجد مساح أو أكثر وفقاً لحجم المرور (قدرة المساح = ٥٠ - ٦٠ وحدة سير/ ساعة).

(ج) إستقصاء أماكن الإنتظار

يتم الإستفسار شفوياً بأماكن انتظار السيارات في لحظة البدء في الإنتظار أو الإنتهاء منه ويتم الإستفسار عن نوع السيارة - الغرض من الإنتظار - زمن الإنتظار - عدد ركاب السيارة - تعريفه الإنتظار، مع تدوين ملاحظات عن مكان الإنتظار. تجمع البيانات في صحائف خاصة أو على أشرطة كاسيت.

شكل ٩: نموذج لصحيفة إستقصاء (ورقة ١)

(بحث يجري بمعرفة الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء)

تابع شكل ٩: نموذج لصحيفة استقصاء (ورقة ٢)

د) إستقصاء النقل العام

يقوم المساح بالإستفسار شفويًا من عينة عشوائية من الركاب عن: محطة بدء الرحلة - محطة إنتهاء الرحلة - هل سيقوم الراكب بتغيير هذه الوسيلة وإستخدام وسيلة نقل أخرى للوصول إلى هدفه؟ وفي حالة الإجابة بنعم يجب تحديد محطة تغيير الوسيلة، والوسيلة المكملّة. ويجرى الإستفسار داخل وحدات النقل العام أو عند المحطات، وتجمع البيانات في صحائف خاصة أو على أشرطة كاسيت، ويراعى أن أيضاً تسجيل بيانات عن هذا الخط مثل طولها - مساره - أماكن المحطات - تعريف النقل - مستوى الخدمة وغيرها من البيانات التي قد يحتاجها المخطط.

هذا ويلاحظ أنه بعد إجراء الإستقصاء وتحليل النتائج يمكن بإستخدام الطرق الإحصائية إختبار عدد الرحلات بين خلايا النقل، إذا أنه من الضروري ألا تقل عدد الرحلات بين خليتين عن نسبة معينة من حجم العينة، وذلك للوصول إلى درجة ثقة معينة (أنظر "العينة الإحصائية" بند ٣-١-٥).

ويتم هذا النوع من الإستقصاء إما شفويًا أو تحريريًا أو تليفونيًا:

شفويًا : جمع بيانات الإستقصاء بالوحدات السكنية عن طريق اللقاء الشخصي مع المساح.

تحريريًا: يقوم المساح بتوزيع صحائف الإستقصاء على الوحدات السكنية المختارة، ثم يعود مرة أخرى في ميعاد متفق عليه لتجميعها.

تليفونيًا: تجميع بيانات الإستقصاء تليفونيًا من عينة مختارة عن طريق (دليل التليفون)، ومن عيوب هذه الطريقة عدم تمثيل العينة للمجتمع تمثيلاً دقيقاً (من الناحية الإجتماعية).

Counting and Measuring

ثانياً: العد والقياس

تستخدم طرق العد والقياس لجمع بيانات عن:

حركة المرور - النقل العام - إنتظار السيارات - المشاة. هذا ويجب ملاحظة إجراء عمليات العد والقياس في أيام العمل العادية وفي الظروف الطبيعية، بمعنى الإبتعاد عن الأيام التي توجد بها مناسبات خاصة وكذلك أيام العطلات. وتستمر عمليات العد والقياس يوماً كاملاً أو أكثر، أو بعض الساعات، وذلك وفقاً للهدف من التخطيط.

Traffic Flow

أ- حركة المرور

لجمع بيانات عن حركة المرور تستخدم الطرق الآتية:

- العد عند القطاعات العرضية

- العد عند التقاطعات

- قياس السرعات

Counting at Cross-Sections

١- العد عند القطاعات العرضية

الهدف من العد عند القطاعات العرضية هو تحديد عدد و نوع وحدات السير المارة خلال فترة زمنية محددة وتجرى عملية العد يدوياً أو أوتوماتيكياً.

العد اليدوى: يقوم المساح بنفسه أو باستخدام جهاز صغير يسمى العداد (ميكانيكى أو أوتوماتيكى) بعملية العد، وتسجل النتائج كل فترة زمنية محددة (فى الغالب كل ١٥ دقيقة)

قدرة المساح الواحد:

وحدة سير/الساعة فى حالة عد وحدات السير فى إتجاهى الطريق.	٤٠٠ - ٥٠٠
وحدة سير/الساعة فى حالة عد وحدات السير المارة فى إتجاه واحد	٨٠٠
وحدة سير/ساعة فى حالة عد وحدات السير المارة فى إتجاه واحد ومستخدماً جهاز العد	٢٠٠٠

ويلاحظ أن المساح الواحد يجب ألا يعمل أكثر من ٤ ساعات متواصلة.

العد الأتوماتيكى: إذا كان المطلوب إجراء عملية العد لفترة زمنية طويلة (أكثر من أسبوع) فمن المفضل استخدام طرق العد الأتوماتيكى لتقليل التكاليف. ونظريات العد الأتوماتيكى متنوعة وتهدف جميعها إلى نقل حركة وحدات السير على الطريق (بواسطة وسائل مختلفة مثل أنابيب مطاطية أو وسائل غازية أو هيدروليكية أو أسلاك ألكترونية أو أجهزة إشعاعات ضوئية أو أجهزة فيديو) إلى أجهزة العد والحاسب الألى المزود ببرامج متخصصة، وتخرج النتائج فى صورة أرقام على العدادات، أو أرقام مطبوعة.

Counting at Intersections

٢- العد عند التقاطعات (شكل ١٠)

بعد إجراء عملية العد عند التقاطعات العرضية قد يقتضى الأمر عد وحدات السير المارة عند بعض التقاطعات لتحديد توزيع حجم المرور فى الإتجاهات المختلفة عند التقاطع.

وغالباً ما تستخدم هنا نفس طرق العد اليدوى سابقة الذكر، أو أسلوب التصوير الفوتوغرافى (التقاط صور متتابعة للنقاط). عن طريق التصوير الفوتوغرافى يمكن تحديد خصائص أخرى عديدة للمرور على سبيل المثال السرعات، كثافة المرور، تركيبة المرور، تحركات المشاة.

..... مشروع		
صوقع نقطة الرصد		رقم نقطة الرصد
تاريخ		رقم الصفحة
اسم المساح		اسم المساح

اتجاه ٣	اتجاه ٢	اتجاه ١

شكل ١٠: نموذج لصحيفة عد عند تقاطع على شكل حرف T

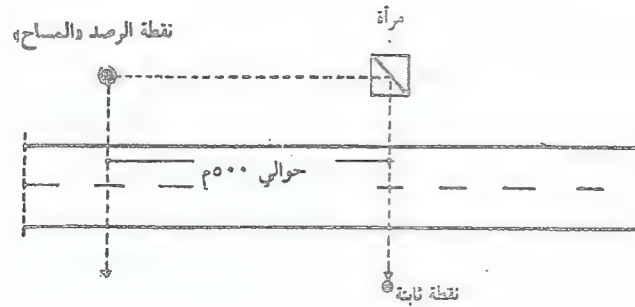
Measuring of Speeds

٣- قياس السرعات

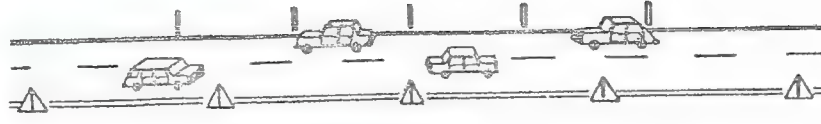
تحدد السرعة المتوسطة على طريق لتقييم نظام المرور عليه (مستوى الخدمة)، وكذلك أزمنة تتابع الألوان المختلفة بإشارات المرور الأتوماتيكية على هذا الطريق. وتقاس السرعات إما يدوياً أو أوتوماتيكياً أو باستخدام أساليب التصوير بالفيديو.

القياس اليدوي: أبسط طرق القياس، وفيها تحدد نقطتين المسافة بينهما لا تقل عن ٥٠٠ م. وباستخدام ساعة إيقاف يقاس زمن قطع سيارة معينة لهذه المسافة، ثم تحسب السرعة عند هذا الموقع (شكل ١١).

وغالباً ما تستخدم سيارة إختبار تقطع المسافة بين النقطتين حوالي خمس مرات، تحسب في كل مرة السرعة، ثم السرعة المتوسطة.



شكل ١١- أ: طريقة قياس السرعات باستخدام مرآة



شكل ١١ - ب: طريقة التصوير بالفيديو لقياس السرعات

القياس الأوتوماتيكي: توجد ٣ نظريات لأجهزة القياس الأوتوماتيكي للسرعات:

أولاً: يقوم الجهاز بقياس زمن مرور مقدمة وحدة سير معينة (أو محورها الأمامي) بين وسيلتين متتابعتين من وسائل نقل الحركة والسابق ذكرها في طريقة العد الأوتوماتيكي (وسائد غازية - أسلاك الكترونية - أجهزة الأشعة الضوئية)، وبمعلومية المسافة بين وسيلتي نقل الحركة تحدد السرعة.

ثانياً: يقوم الجهاز بقياس زمن مرور بداية ونهاية وحدة سير معينة (أو محورها) على وسيلة نقل الحركة، وبمعلومية طول السيارة (أو المسافة بين محوريها) تحدد السرعة.

ثالثاً: ينبثق من الجهاز بصفة مستمرة - خلال فترة تشغيله - نبضات كهرومغناطيسية لها سرعة معلومة، فإذا ما اصطدمت بالسيارة إرتدت للجهاز بسرعة مخالفة لسرعة انبثاقها، وبمعلومية الفرق بين سرعتين يحدد الجهاز أوتوماتيكياً سرعة السيارة (الرادار).

القياس باستخدام أساليب التصوير بالفيديو: يتم قياس السرعة اللحظية باستخدام أساليب التصوير بالفيديو على مرحلتين:

المرحلة الأولى: يخطط الطريق بخطوط عرضية ملونة - المسافة بينها محددة ويتم تصوير

وحدات السير المارة من نقطة ثابتة ومرتفعة عن سطح الأرض.

المرحلة الثانية: أثناء عرض الشريط يتم قياس زمن مرور وحدة السير بين خطين عرضيين

متتاليين وبالتالي يمكن حساب السرعة.

الهدف الأساسى من جمع البيانات هنا هو تحديد التوزيع الزمنى والجغرافى لحجم النقل على شبكة النقل العام خلال ساعات التشغيل اليومى، ومن الطرق المعروفة لجمع بيانات عن النقل العام:

- العد من خارج وسائل النقل
- العد من داخل وسائل النقل
- العد عند المحطات
- قياس السرعات

١- العد من خارج وسائل النقل

الهدف هنا هو حصر عدد وحدات النقل العام (كذلك تقدير عدد ركابها) التى تعبر قطاعاً عرضياً لطريق خلال فترة زمنية محددة. وتستخدم هنا طرق العد اليدوية حيث يقوم المساح بحصر عدد وحدات النقل العام المارة عند قطاعاً عرضياً وتقدير مشغولية كل وحدة (٢٥-٥٠-٧٥-١٠٠-١٢٥ % من الأماكن المتاحة بالوحدة). يتطلب هذا النوع من جمع البيانات دراية المساح بالأنواع المختلفة لوحدات النقل وعدد الأماكن المتاحة للجلوس والوقوف.

٢- العد من داخل وسائل النقل

الهدف هو تحديد التوزيع الزمنى لأحجام النقل على كل خط من خطوط النقل العام (عدد وحدات السير ومشغوليّتها)، ولإجراء الحصر هنا من الضروري تواجد مساح أو أكثر بكل وحدة سير لعد الركاب الصاعدين والهابطين بكل محطة، مع تسجيل الأزمنة.

٣- العد عند المحطات

الهدف هنا هو تحديد التوزيع الجغرافى والزمنى للرحلات بين محطات النقل العام، وغالباً ما تستخدم هذه الطريقة لشبكات النقل العام المزودة محطاتها بممرات لدخول وخروج الركاب (مترو الأنفاق على سبيل المثال). وتجرى عملية الحصر عن طريق توزيع تذاكر معينة على الركاب عند محطة السفر مدون بها اسم المحطة ووقت السفر، ثم تجميعها منهم عند محطات الوصول بعد تدوين اسم محطة الوصول ووقت الوصول.

٤- قياس السرعات

تقاس سرعات وحدات وسائل النقل العام على الخطوط المختلفة خلال ساعات التشغيل اليومى بهدف التعرف على تأثير إنسياب المرور على سرعة وسائل النقل العام فى كل فترة زمنية، كذلك لتعديل جداول السير. ويمكن تحديد السرعات إما عن طريق مساح بكل وحدة نقل عام يقوم بقراءة عداد السرعة أمام السائق كل فترة زمنية محددة ومنها تحسب السرعة المتوسطة، أو يقوم المساح

بوحدۃ النقل العام بقياس زمن قطع الوحده لكل مسافه بين محطتين، وبمعلومية المسافه بين المحطات يمكن حساب السرعات.

Car Parking

ج) إنتظار السيارات

قبل البدء في عملية جمع بيانات عن إنتظار السيارة تقسم المنطقة موضوع الدراسة إلى خلايا إنتظار. ويمكن تعريف خلية الإنتظار بأنها جزء من طريق مصرح الإنتظار فيه وطوله حوالي ٨٠٠ متر، أو مكان محدد لإنتظار السيارات أو ما شابه ذلك.

والطرق المعروفة لجمع بيانات عن إنتظار السيارات عن طريق العد يمكن إيجازها فيما يلي:

- العد بخلايا الإنتظار
- تدوين أرقام السيارات
- التصوير الفوتوغرافي
- العد عند كردون

١- العد بخلايا الإنتظار

يقوم مساح أو أكثر كل ١٥ أو ٣٠ دقيقة بعد وحدات السير المتواجدة بخلية إنتظار محددة، مع تدوين ملاحظات عن الخلية مثل قواعد الإنتظار بها وإلتزام سائقي السيارات بتلك القواعد.

٢- تدوين أرقام السيارات

يقوم مساح أو أكثر كل ١٥ أو ٣٠ دقيقة بتسجيل أرقام السيارات المتواجدة بخلية إنتظار محددة، مع تدوين ملاحظات عن الخلية. عن طريق مقارنة أرقام السيارات في الفترات الزمنية المختلفة يمكن تحديد أزمنة الإنتظار وكذلك عدد مرات تردد وحدات السير على الخلية. وغالباً ما يستخدم الحاسب الألكتروني لتحليل النتائج.

تعريف:	الإنتظار المؤقت	=	إنتظار لمدة أقل من ساعتين
	الإنتظار متوسط لأجل	=	من ٢ - ٤ ساعات
	الإنتظار طويل الأجل	=	من ٤ - ٨ ساعات
	الإنتظار الدائم	=	إنتظار لأكثر من ٨ ساعات

٣- التصوير الفوتوغرافي الملون

يتم إلتقاط صور متتابعة كل حوالي ٣٠ دقيقة لوحدات السير المتواجدة بالخلية، ثم تقارن الصور مع بعضها ويراعى أن يتم إلتقاط الصور من مكان مرتفع يسمح بظهور جميع السيارات.

فى المناطق التى يقل فيها إحتياج المواطنين لإمكان إنتظار السيارات تحدد مراكز الرصد على الطرق المؤدية إليها على شكل كردون، وفى الغالب ما تشمل تلك المنطقة أكثر من خلية إنتظار. يتم عد وحدات السير الداخلة والخارجة من المنطقة وتسجل النتائج كل ١٥ دقيقة، مع ملاحظة ضرورة حصر وحدات السير المتواجدة داخل المنطقة قبل البدء مباشرة فى عملية العد عند الكردون. عن طريق حساب الفرق بين عدد وحدات السير الداخلة والخارجة من المنطقة يمكن حساب الوحدات المنتظرة فى الساعات المختلفة من اليوم.

Pedestrian Movements

د- تحركات المشاة

على الرغم من صعوبة جمع بيانات عن تحركات المشاة بالمدن، إلا أن تلك البيانات تعتبر هامة جداً للمخطط، وخاصة عند المناطق التى يكون فيها المشاة عرضه لحوادث المرور كالتقاطعات ونقاط الإختناق كذلك عند مناطق تكدس المشاة، على سبيل المثال محطات النقل العام، الشوارع بوسط المدينة، الطرق المؤدية لإستاد رياضى وخلافه. من الطرق المعروفة لحصر تحركات المشاة:

- العد عند القطاعات العرضية

- التصوير الفوتوغرافى

١- العد عند القطاعات العرضية

يتم عد المشاة الذين يعبرون قطاعاً عرضياً بطريق ما كل فترة زمنية محددة. يستطيع المساح الواحد عد حوالى ٦٠٠ فرد من المشاة كل نصف ساعة إذا كانت تحركاتهم فى اتجاه واحد، وباستخدام المساح لجهاز العد يرتفع هذا الرقم إلى حوالى ٣٥٠٠ ويلاحظ أن المساح يجب ألا يعمل أكثر من نصف ساعة متواصلة يحتاج بعدها إلى راحة من ١٠ - ٣٠ دقيقة.

٢- التصوير الفوتوغرافى

عن طريق التصوير الفوتوغرافى الملون لمنطقة ما، يمكن تحديد خصائص تحركات المشاة (أعداد المشاة - اتجاهاتهم - سرعاتهم). يراعى هنا ضرورة إختيار المكان المناسب لتثبيت آلة التصوير بحيث تظهر تحركات المشاة فى تلك المنطقة بوضوح، كذلك ضرورة إختيار الزمن المناسب لتثبيت النقاط الصور بحيث يكون هناك تداخل كاف يسمح بتتبع حركة المشاة.

لا يبنى فى الغالب تخطيط مشاريع النقل والمرور على الحجم الكلى للأنواع المختلفة من البيانات المطلوبة، بل يمكن الإكتفاء بعينة من كل نوع منها. ويتحدد حجم العينة وفقاً للدقة المطلوبة. من الطبيعى كلما زادت حجم العينة، زادت درجة الثقة ولكن من جانب آخر ترتفع تكاليف تجميع وتحليل البيانات. لذا فمن الضرورى إختيار الحجم المناسب للعينة التى تعبر عن مجتمع معين من البيانات بدقة محددة.

مثال توضيحي

إذا فرضنا أن عدد الرحلات اليومية التى تستخدم فيها وسائل النقل العام بمدينة ما ٢٢٤٠٠ رحلة وإن المخطط إختيار منها ٢٢٤٠ رحلة فقط لتحليلها.

فيكون حجم المجتمع $N = 22400$ رحلة

وحجم العينة $n = 2240$ رحلة

بمعنى أن حجم العينة التى إختيارها المخطط = ١٠ % من حجم المجتمع.

وحتى تمثل العينة مجتمعاً ما من البيانات تمثيلاً صحيحاً يجب أن يكون إختيار العينة عشوائياً، وهناك طرق عديدة للإختيار العشوائى للبيانات، يتضح أهمها من المثال التالى:

لإجراء استقصاء بمنطقة محددة بها ١٥٠,٠٠٠ وحدة سكنية، ويراد تجميع بيانات من ١٥٠٠٠ وحدة سكنية كعينة (حجم العينة = ١٠ % من حجم المجتمع)، ولإختيار العشوائى السليم للعينة تستخدم إحدى الطرق الآتية:

- من كل ١٠ وحدات سكنية تختار وحدة سكنية واحدة بطريقة عشوائية
- تختار دائماً الوحدة السكنية العاشرة من كل ١٠ وحدات سكنية بالترتيب
- تختار ١٥٠٠٠ وحدة سكنية من المنطقة بدون إتباع أى نظام

Sample Size

حجم العينة الإحصائية

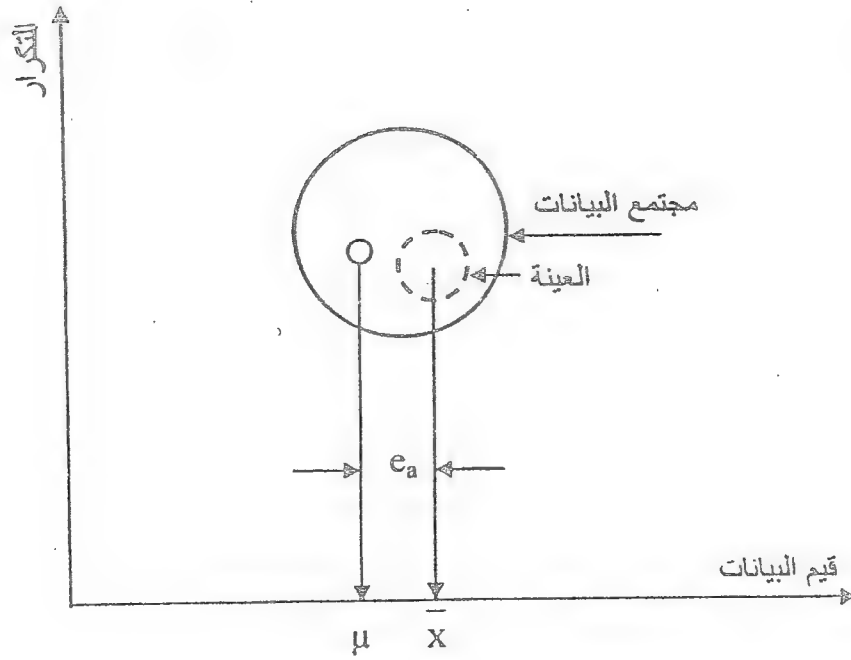
قبل حساب حجم العينة المناسب لمجتمع بيانات ما، لابد أولاً تحديد كل من:

(أ) الخطأ المسموح به (المطلق e_a "Absolute Error" أو النسبى e_r "Relative Error") بين

المتوسط الحسابى \bar{x} لبيانات العينة والمتوسط الحسابى μ لبيانات المجتمع (شكل ١٢)

$$e_a = \mu - \bar{x}$$

$$e_r = (e_a \div \bar{x}) \times 100 \%$$



شكل ١٢: العينة والمجتمع

غالباً ما يختار خطأ نسبي قدره ١٠% لحساب حجم العينات التي تمثل مجتمعات البيانات بمشاريع النقل.

(ب) - إحتمال حدوث الخطأ النسبي أو المطلق المطلوب γ أو درجة الثقة في حدوث هذا الخطأ t

الجدول التالي يوضح لحجم عينة أكبر من ١٠٠ العلاقة بين γ "Confidence Level" & t "Confidence Coefficient".

الإحتمال γ (%)	60.0	68.3	90.9	95.5	99.7	99.9
درجة الثقة t	0.68	1.00	1.65	2.00	3.00	3.29

يتوقف قيمة الإحتمال γ على الدقة المطلوبة للتخطيط، وهي تتوقف على الظروف الخاصة بالمنطقة موضوع الدراسة (على سبيل المثال، مدى الثقة في البيانات المجمعة من سكان تلك المنطقة)، وغالباً ما يكون إحتمال قدره ٩٥,٥% ($t = 2.0$) كافياً عند حساب حجم العينات للتخطيط الشامل لمشاريع النقل.

ملحوظة : كلما صغرت قيمة الخطأ المسموح به e_r وارتفعت درجة الثقة t ، تزداد تبعاً لذلك حجم العينة

لتحديد حجم العينة تجمع بيانات من عينة مبدئية ويحسب المتوسط الحسابي \bar{x} لقيم تلك البيانات والانحراف المعياري لها σ (الانحراف المعياري "Standard Deviation" هو مقياس تشتت قيم هذه البيانات عن متوسطها الحسابي).

مثال توضيحي

الجدول التالي يوضح طريقة حساب المتوسط الحسابي \bar{v} والانحراف المعياري σ لخمس سرعات تم قياسها من طريق ما:

V (Km/h)	$\bar{V} - V$	$(\bar{V} - V)^2$
18.3	+ 0.7	0.49
19.0	0.0	0.00
19.0	0.0	0.00
19.2	- 0.2	0.04
19.5	- 0.5	0.25
$\Sigma V = 95.0$	0.0	0.78

$$\bar{v} = \Sigma V \div n = 95 \div 5 = 19 \text{ km/h}$$

$$\sigma = (1 \div (n - 1) \times \Sigma (\bar{V} - V)^2)^{1/2} = \pm 0.44 \text{ km/h}$$

$$\sqrt{\frac{(\bar{V} - V)^2}{(n - 1)}}$$

ثم تحسب حجم العينة الإحصائية من العلاقة:

$$n \geq \frac{N \cdot t^2 \cdot \sigma^2}{t^2 \cdot \sigma^2 + (N - 1) \cdot e_a^2}$$

مثال

طريق سريع سعيته ٥٠٠٠٠ سيارة في فترة الذروة الصباحية في قياس مبدئي للسرعات وجد أن السرعة ٩١ كم/الساعة والانحراف المعياري لها ± ٢٨ كم/الساعة - أحسب حجم العينة الإحصائية من وحدات السير المارة والتي يجب أن تقاس سرعتها حتى يكون احتمال خطأ مطلق قدره ٥ كم/الساعة هو ٩٥,٥ %

$$t = 2$$

$$e_a$$

$$\gamma = 95.5 \%, t = 2.00, e_a = 5 \text{ Km/h}, N = 5000, \sigma = 28 \text{ Km/h}$$

$$\bar{X} = 91 \text{ Km/hr}$$

$$n \geq \frac{5000 \times 4 \times (28)^2}{4 \times (28)^2 + 4999 \times (5)^2} = 122.4$$

∴ حجم العينة المطلوب ١٢٣

$$e_r = \frac{e_a}{\bar{X}} \times 100 = \frac{5}{91} \times 100 = 5.5 \%$$

٢-٣ التنبؤ بالمستقبل

Forecasting of Future Travel Demand

المقصود من التنبؤ هو تقدير أحجام الحركة وخصائصها في المستقبل، وذلك وفقاً للمتغيرات المنتظرة والتي يمكن أن تطرأ بالمنطقة موضوع الدراسة مستقبلاً. والنتائج التي نحصل عليها من مرحلة التنبؤ، تكون عادة في صورة (إذا... إذن)، بمعنى إذا ما حدث تغير ما في التكوين الحضري بالمنطقة موضوع الدراسة (إستخدامات الأراضي - الأوضاع الاقتصادية والاجتماعية -)، إذن فإن خصائص النظام الحالي ستتغير.

ومن هذا يتضح أن التنبؤ بالتطور المنتظر لنظام النقل يتم على مرحلتين:

- تقدير النمو المنتظر للعناصر المكونة لنظام النقل

- تحديد خصائص رحلات المستقبل

ويلاحظ هنا إنه قبل البدء في عملية التنبؤ يجب مراجعة خطة التنمية القومية للتعرف على السياسات الجديدة للدولة في جميع المجالات، كذلك مراجعه خطة التنمية المحلية للتعرف على التغيرات المختلفة المنتظرة بالمنطقة موضوع الدراسة.

١-٢-٣ تقدير النمو المنتظر للعناصر المكونة لنظام النقل

Predicting the Parameters affecting the Travel Generation

لتقدير النمو المنتظر للعناصر المختلفة التي تؤثر تأثيراً مباشراً أو غير مباشر على نظام النقل بالمنطقة موضوع الدراسة (مثل: أعداد السكان - ملكية السيارات - العمالة - الهجرة للمدينة - أعداد حوادث المرور - ...)، يمكن إستخدام طرق عديدة، من أهمها:

١- طريقة الزيادة الخطية المنتظمة

٢- طريقة معامل النمو الهندسي

٣- طريقة التطور المنطقي

يتوقف إختيار الطريقة المناسبة على الهدف من التخطيط، ومدى النقة في البيانات المتاحة، والظروف الخاصة بالمدينة.

(i)

Linear Growth Trend

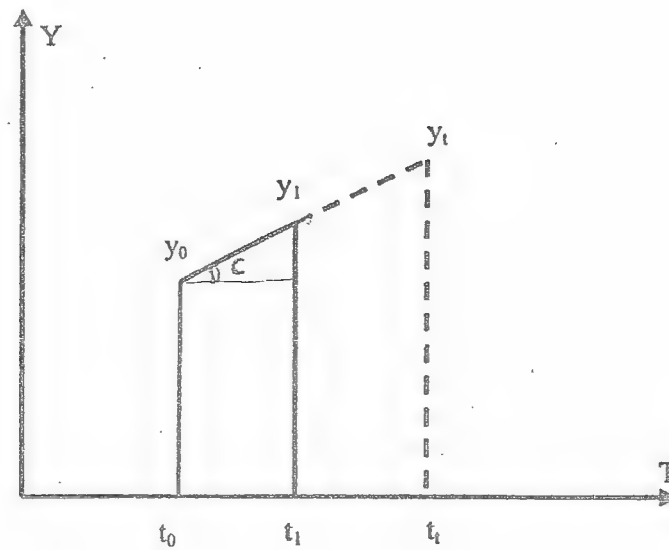
طريقة الزيادة الخطية المنتظمة (شكل ١٣)

وفيها يفترض أن نمو قيمة العنصر Y مع الزمن T سيكون منتظماً ويأخذ صورة الخط المستقيم. ويمكن الحصول على قيمة y_t في العام t من العلاقة

$$y_t = y_0 + \{c \times (t - t_0)\}$$

حيث: c = مقدار النمو المنتظم السنوي

$$c = (y_1 - y_0) \div (t_1 - t_0)$$



شكل ١٣: الزيادة الخطية المنتظمة

(ب)

Geometric Trend

طريقة معامل النمو الهندسي (شكل ١٤)

وفيها تكون الزيادة غير مستقيمة، وتستخدم العلاقة:

$$y_t = y_0 \cdot (1 + p)^{n^0}, n^0 = t - t_0 \quad \text{--- (1)}$$

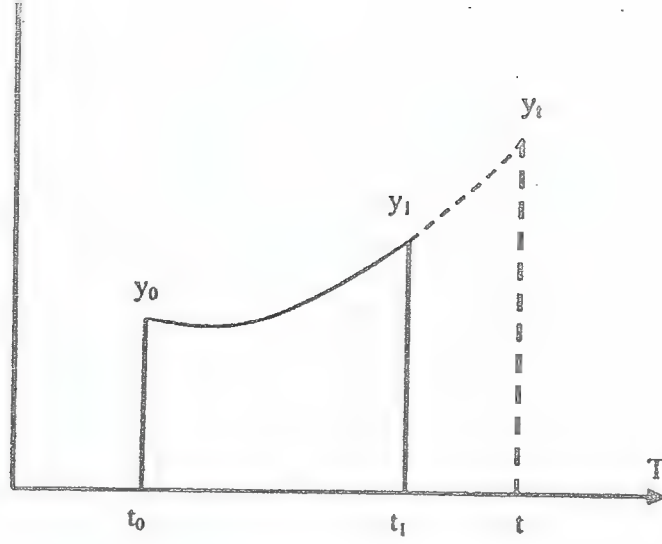
حيث: P = معامل الزيادة

$$p = 100 \{ (y_1 \div y_0)^{1/n} - 1 \}, n = t_1 - t_0 \quad \text{--- (2)}$$

بالنعوي يفسر منه (١٠) في (١١)

$$y_t = y_0 \left[\frac{y_1}{y_0} \right]^{\frac{t-t_0}{t_1-t_0}}$$

$$= y_0 \left[\frac{y_1}{y_0} \right]^{\frac{t-t_0}{n}}$$



شكل ١٤: معامل النمو الهندسي

Logic Trend (Saturation restricted)

طريقة التطور المنطقي (شكل ١٥)

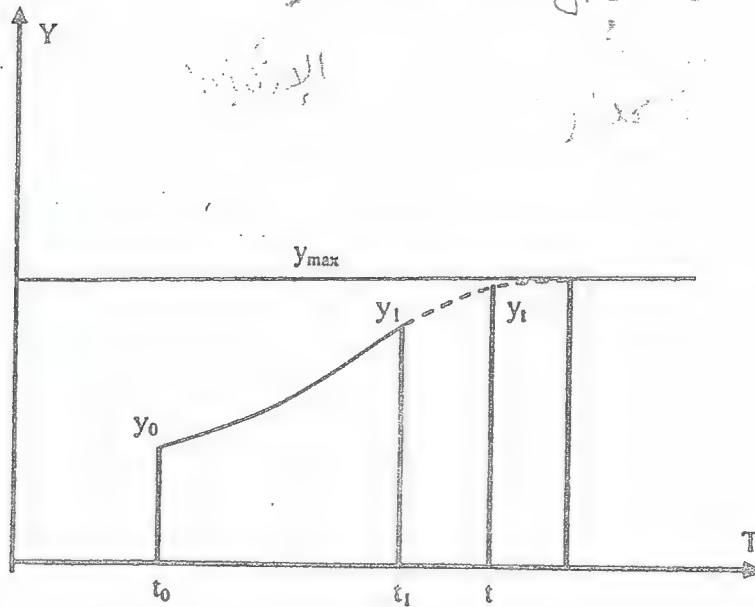
غالباً ما تستخدم هذه الطريقة للتنبؤ بأعداد السيارات بالمدن، فليس من المنطقي بمدينة ما أن تزداد أعداد السيارات بها عن حد معين وإلا تأثرت إنسيابية المرور تأثيراً سلبياً. وتستخدم هنا العلاقة:

$$y_t = \frac{y_{\max}}{1 + e^{a-b \cdot t}}$$

حيث :

a, b = ثوابت يمكن الحصول عليها من التحليل الإحصائي (الارتباط والانحدار)

Correlation and Regression Analysis



شكل ١٥: التطور المنطقي

مثال

أعداد السكان بمدينة ما كانت كما يلي :

عام	عدد السكان
$t_0 = 2000$	$y_0 = 24500$
$t_1 = 2005$	$y_1 = 35520$

المطلوب: التنبؤ بعدد السكان عام ٢٠١٠ مستخدماً طريقتي معامل الزيادة الخطية المنتظمة ومعامل النمو الهندسي

الحل

١ - طريقة الزيادة الخطية المنتظمة

$$t_1 - t_0 = 2005 - 2000 = 5$$

$$c = \frac{y_1 - y_0}{t_1 - t_0} = \frac{35520 - 24500}{5} = 2204$$

$$n = t - t_0 = 2010 - 2000 = 10$$

$$y_{2010} = y_0 + c \times (t - t_0) = 24500 + 2204 \times 10 = 46540$$

ب - طريقة معامل النمو الهندسي

$$p = 100 \cdot \left\{ \left(\frac{35520}{24500} \right)^{1/5} - 1 \right\} = 7.7 \%$$

$$Y_{2010} = 24500 (1 + 0.077)^{10} = 51443 = 24500 \left[\frac{35520}{24500} \right]^{10/5} = 51496$$

٣-٢-٢ تقدير خصائص رحلات المستقبل

Predicting the Future Travel Behaviour

بناء على تحديد القيم المنتظرة للعناصر المكونة لنظام النقل في المستقبل يمكن التنبؤ بخصائص الرحلات المتوقعة في المستقبل. ولتحقيق هذا الهدف تستخدم في الغالب نماذج النقل.

عرف نموذج النقل ؟

ونموذج النقل هو تمثيل نظري عن طريق المعادلات الرياضية لظاهرة واقعية ما، (على سبيل المثال، تولد الرحلات من خلايا النقل) بدلالة المتغيرات المتوقعة أن يكون لها أثر في تغيير قيمتها، أو بتعبير آخر بدلالة المتغيرات التي يعتقد إنها تتسبب في نشأة هذه الظاهرة.

$$Y = 1.0 + 2.2 X_1 - 0.03 X_2$$

النموذج الرياضي السابق يصف العلاقة بين المتغير الأساسي (Y) والمتغيرات الغير أساسية X_1, X_2 . كلما زادت قيمة X_1 ونقصت قيمة X_2 كلما زادت قيمة المتغير الأساسي Y، أو بتعبير آخر إذا ما تغيرت قيم X_1, X_2 في المستقبل أمكن التنبؤ بقيمة Y.

ما هو الشرط الواجب توافرها في نماذج النقل؟

ومن أهم الشروط الواجب توافرها في نماذج النقل:

- المتغيرات الغير أساسية يجب أن تكون مرتبطة ارتباطاً منطقياً بالمتغير الأساسي.
- إمكانية التنبؤ بقيم المتغيرات الغير أساسية.
- ارتباط دقة النموذج بالدقة المطلوبة من التخطيط والثقة في البيانات المتاحة.

Transportation Models

نماذج النقل

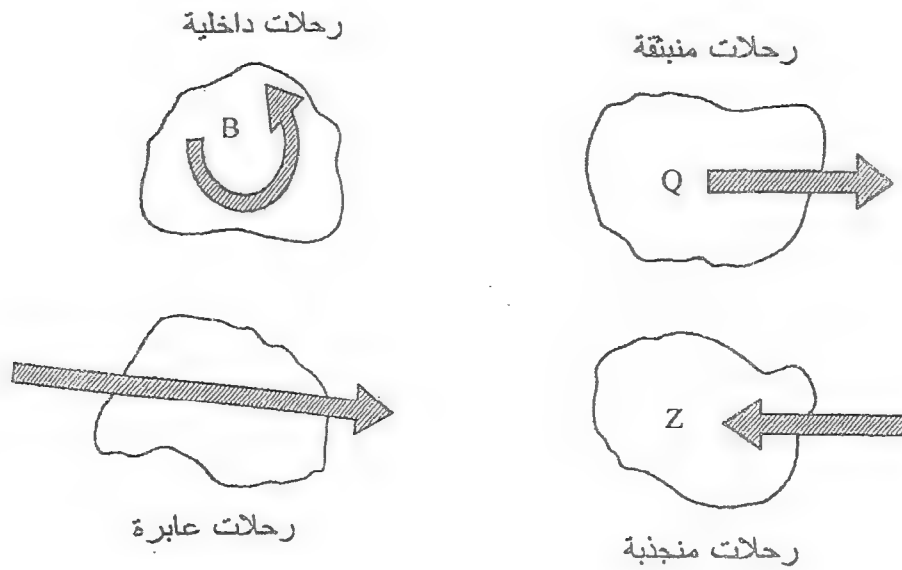
المشكلة	النماذج	صور النماذج
1 - كم عدد الرحلات التي تتولد بكل خلية ؟ كم عدد الرحلات التي تتجذب لكل خلية ؟	نماذج الإنبثاق Generation Models نماذج الجذب Attraction Models	- معاملات النمو X - الارتباط \times دليل إحصائي
2 - كيف توزع الرحلات بين الخلايا؟	نماذج التوزيع Distribution Models	- معامل النمو \times الجاذبية
3 - ما هي وسائل النقل المستخدمة؟	نماذج الاختيار Modal split Mode choice	- معامل النمو X - الارتباط \times إحصائي - كير شهوف
4 - ما هي المسارات التي تشغلها وسائل النقل؟	نماذج التخصيص Assignment Models	- الطريق الأقصر - السعة المتغيرة - كير شهوف

Generation & Attraction Models

1 - نماذج الإنبثاق والجذب

باستعمال هذا النوع من النماذج يتم تحديد عدد الرحلات Q المتولدة (المنبثقة) من كل خلية نقل بالمنطقة موضوع الدراسة، وكذلك عدد الرحلات Z المنجذبة لكل خلية، وذلك لجميع أغراض

الرحلات، كل على حدة، وفي الفترات الزمنية المختلفة لليوم الواحد. كذلك يمكن إستخدام هذه النماذج لتحديد عدد الرحلات الداخلية بكل خلية B (شكل ١٦).



شكل ١٦: خلايا النقل وأنواع الرحلات

ولتكوين هذه النماذج يحتاج المخطط إلى تحديد المتغيرات الغير أساسية والمؤثرة على إنبثاق وإنجذاب الرحلات لكل خلية نقل بالمنطقة. ومن أهم هذه المتغيرات: عدد السكان - ملكية السيارات - أعداد العاملين - عدد أماكن العمل - عدد الأماكن المخصصة للتعليم والتدريب - مقياس المستوى الاجتماعي (على سبيل المثال: مواطن/غرفة - نسبة الأمية).

ولا يشترط تواجد جميع هذه المتغيرات الغير أساسية بالنموذج المستخدم، فقد يكفي المخطط ببعضها أو يختار غيرها ليصل للدقة التي يحتاجها.

وتأخذ نماذج الانبثاق والجذب إحدى الصور الآتية:

Growth-Factor Models

نموذج معاملات النمو

١-

$$Q_i = Q_i^0 \cdot \frac{X_{1i}}{X_{1i}^0} \cdot \frac{X_{2i}}{X_{2i}^0} \cdot \dots \cdot \frac{X_{ni}}{X_{ni}^0}$$

$$Z_j = Z_j^0 \cdot \frac{X_{1j}}{X_{1j}^0} \cdot \frac{X_{2j}}{X_{2j}^0} \cdot \dots \cdot \frac{X_{nj}}{X_{nj}^0}$$

حيث

Q_i = عدد الرحلات المنبثقة من الخلية i في التاريخ الذي يراد التخطيط له (عنى المستقبل)

Q_i^0 = عدد الرحلات المنبثقة من الخلية i في وقت جمع البيانات

Z_j = عدد الرحلات المنجذبة إلى الخلية j في التاريخ الذي يراد التخطيط له (فرا المستقبل)

Z_j^0 = عدد الرحلات المنجذبة إلى الخلية j في وقت جمع البيانات

$X_1 \rightarrow n$ = المتغيرات الغير أساسية (المؤثرات على الإنبثاق أو الجذب) سكا (ملكوي سياره) شاله

من نتائج جمع بيانات باحدى المدن عام ٢٠٠٥ وجد أن عدد السكان باحدى خلايا النقل ١٤٠٠٠
شخص وملكية السيارات ٣٠ سيارة/ ١٠٠٠ شخص، وأن عدد الرحلات المنبثقة من الخلية (٢٠٠٠)
رحلة يوميا، فإذا علم أن أعداد السكان وملكية السيارات ستصل عام ٢٠١٥ إلى ١٨٠٠٠ ساكن،
و٤٢ سيارة/ ١٠٠٠ شخص على الترتيب، أحسب عدد الرحلات المنتظر إنبثاقها من الخلية عام
٢٠١٥ باستخدام نموذج معاملات النمو.

$$Q_{2015} = Q_{2005} \cdot \frac{E_{2015}}{E_{2005}} \cdot \frac{M_{2015}}{M_{2005}}$$
$$Q_{2015} = 20000 \times (18000 \div 14000) \times (42 \div 30) = 36000 \text{ trips}$$

Aggregation Model

$$Q_i \text{ (or } Z_j) = a_0 + a_1 \cdot x_1 + \dots + a_n \cdot x_n$$

$$Q_i = \text{عدد الرحلات المتولدة من الخلية } i$$
$$Z_i = \text{عدد الرحلات المنجذبه للخلية } i$$

$X_{1-n} =$ العوامل المؤثرة على تولد أو إنجذاب الرحلات (متغيرات غير أساسية) X_{1-n}

= ثوابت يمكن الحصول على قيمتها عن طريق التحليل الإحصائي (الإرتباط المركب)

"Correlation and Regression Analysis"

22

تستخدم نماذج التوزيع لتحديد أعداد الرحلات بين كل خليتين F_{ij} وذلك بمعلومية إجمالي الرحلات

المنبقة والمنجذبة من وإلى كل خلية Q_i & Z_j حيث:

$$\sum Q_i = \sum_{j=1}^n F_{ij}$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n F_{ij}$$

$$\sum Z_j = \sum_{i=1}^n F_{ij}$$

$$Z_j = \sum_{i=1}^n F_{ij}$$

(O/D) Matrix

origin-Destination Matrix

أو بتعبير آخر ملء مصفوفة "المصدر - الهدف"

الهدف

	j	1	2	...	j	...	n	Σ Qi
من	i							
لصحة	1	F_{11}	F_{12}	...	F_{1j}$	...	...	Q_1 = F_{11} + F_{12} + F_{13} + \dots + F_{1n}$
	2	F_{21}	F_{22}	...	F_{2j}$	...	...	Q_2 = F_{21} + F_{22} + F_{23} + \dots + F_{2n}$
	3	F_{31}	F_{32}	F_{33}	...	...	...
	i	F_{i1}	F_{i2}	...	F_{ij}	...	F_{in}	$Q_i = \sum F_{i1} + F_{i2} + F_{i3} + \dots + F_{in}$
	
	n	.	.	.	.	.	.
	Σ zj	Z_1	Z_2	Σ Fj				$\sum F_{ij} = \sum_i Q_i = \sum_j Z_j$

(O/D) Matrix مصفوفة الرحلات "المصدر - الهدف"

Origin-Destination Matrix

ولصحة المصفوفة يجب توافر الشروط الآتية:

$$\sum_i Q_i = \sum_j Z_j = \sum F_{ij}$$

وتبنى الفكرة الأساسية لنماذج التوزيع على أساس أن أعداد الرحلات بين الخلية i كمصدر والخلية j كهدف تزداد في الحالات الآتية:

- كلما زادت عدد الرحلات المنبقة من الخلية i
- كلما زادت عدد الرحلات المنجذبة للخلية j
- كلما صغرت قيمة المقاومة w_{ij} للرحلة من i إلى j (طول الرحلة - تكاليفها - زمنها)

ويمكن إيجاز الطرق المستخدمة لتوزيع الرحلات بين الخلايا كما يلي:

١ - طرق معاملات النمو (معامل النمو المنتظم - معامل النمو المتوسط - فراتر)

٢ - نماذج الجاذبية

Constant Growth Factor

- طريقة معامل النمو المنتظم

في هذه الطريقة يفترض أن جميع الرحلات بين خلايا النقل تنمو دائما بمعدل ثابت. ولتوزيع الرحلات تستخدم العلاقة:

$$F_{ij} = F_{ij}^0 \cdot f$$

حيث

F_{ij}^0 = عدد الرحلات بين الخلية i كمصدر والخلية j كهدف وقت جمع البيانات

f = معامل النمو المنتظم

معامل النمو المنتظم

$$f = \sum F_{ij} \div \sum F_{ij}^0$$

Average Growth Factor

- طريقة النمو المتوسط

لحساب عدد الخلية F_{ij} بين المصدر i والهدف j يحدد معامل نمو الإنبثاق f_i من الخلية i ومعامل الجذب f_j للخلية j.

$$f_i = Q_i \div Q_i^0 \quad \& \quad f_j = Z_j \div Z_j^0$$

ثم تستخدم العلاقة

$$F_{ij} = F_{ij}^0 \times (f_i + f_j) \div 2$$

Fratar Method

- طريقة فراتر

لإيجاد توزيع الرحلات بين الخلايا F_{ij} باستخدام هذه الطريقة، يحسب أولا معامل الانبثاق f_i ومعامل الجذب f_j (كما في طريقة معامل النمو المتوسط)، ثم تطبق العلاقة الآتية:

$$F_{ij} = F_{ij}^0 \cdot f_i \cdot f_j \div x_i$$

حيث

$$x_i = \sum_j F_{ij}^0 \cdot f_j \div \left(\sum_j F_{ij}^0 \right) \quad \& \quad f_j = Z_j \div Z_j^0$$

$$x_i = \left[(F_{i1}^0 \times Z_1 \div Z_1^0) + (F_{i2}^0 \times Z_2 \div Z_2^0) + (F_{i3}^0 \times Z_3 \div Z_3^0) + \dots \right] \div Q_i^0$$

مستوطنة سكانية مقسمة إلى ٤ خلايا، معلوم:

١- مصفوفة الرحلات عام ٢٠٠٥ (١٠٠٠ × رحلة)

j	1	2	3	4	Q _i
i					
1	2	2	1	1	6
2	4	1	5	2	12
3	10	2	2	6	20
4	24	1	2	5	32
Z _j	40	6	10	14	70

المحالي

٢- الرحلات المنبقة والمنجذبة المنتظرة عام ٢٠١٥ (١٠٠٠ × رحلة)

j	1	2	3	4	Q _i
i					
1					10
2					20
3					30
4					40
Z _j	50	10	15	25	100

المستقبل

المطلوب: عدد الرحلات بين الخلية ٢ كمصدر والخلية ٣ كهدف عام ٢٠١٥

الحل

- طريقة معامل النمو المنتظم

$$F_{ij} = F_{ij}^0 \cdot f$$

$$f = 100 \div 70 = 1.429$$

$$F_{23} = 5000 \times 1.429 = 7140 \text{ Trips}$$

- طريقة معامل النمو المتوسط

$$f_2 = 20 \div 12 = 1.7$$

$$f_3 = 15 \div 10 = 1.5$$

$$F_{23} = 5000 \times (1.7 + 1.5) \div 2 = 8000 \text{ Trips}$$

$$i=2$$

$$F_{23}$$

- طريقة فراتر

$$f_2 = 1.7 \text{ \& } f_3 = 1.5$$

$$x_2 = \{(4 \times 50 \div 40) + (1 \times 10 \div 6) + (5 \times 15 \div 10) + (2 \times 25 \div 14)\} \div (12)$$

$$= 1.48$$

$$F_{23} = 5000 \times 1.7 \times 1.5 \div 1.48 = 8614 \text{ Trips}$$

استناداً إلى قانون الجاذبية لنيوتن تم إستنتاج هذا النوع من نماذج التوزيع، وهو في شكله العام يأخذ الصور الآتية:

$$F_{ij} = k_{ij} \cdot Q_i \cdot Z_j \cdot w_{ij}^{-\gamma}$$

من المستقبلي

حيث

w_{ij} : مقاومة الرحلة من المصدر i إلى الهدف j (زمن الرحلة مثلاً)

γ : معامل حساسية المقاومة (تؤخذ $\gamma = 1$ عادة)

k_{ij} : معامل إتران النموذج ويمكن حسابه من العلاقة الآتية:

$$K_{ij} = 0.5 \left(\frac{1}{\sum_{i=1-n} Q_i \cdot w_{ij}^{-\gamma}} + \frac{1}{\sum_{j=1-n} Z_j \cdot w_{ij}^{-\gamma}} \right)$$

مثال

في المستوطنة السكنية بالمثال السابق، معلوم:

١- الرحلات المنبثقة والمنجذبة المنتظرة لعام ٢٠١٥ (كما في المثال السابق)

٢- مصفوفة المقاومات

j	1	2	3	4
i				
1	1	2	3	4
2	3	2	1	2
3	3	4	3	2
4	1	2	3	4

المطلوب

إحسب عدد الرحلات بين الخلية ٢ والخلية ٣ كهدف (F_{23}) عام ٢٠١٥

الحل

بفرض $\gamma = 1$

$$F_{23} = Q_2 \cdot Z_3 \cdot w_{23}^{-\gamma} \cdot K_{23}$$

$$F_3 = 20 \times 15 \times 1^{-1} \times \left[0.5 \times \frac{1}{(10 \times 0.33) + (20 \times 1.0) + (30 \times 0.33) + (40 \times 0.33)} + \right.$$

$$\left. \frac{1}{(50 \times 0.33) + (10 \times 0.5) + (15 \times 1) + (25 \times 0.5)} \right] \times 1000 = 6350 \text{ Trips}$$

Modal Split

يستخدم هذا النوع من النماذج لتوزيع الرحلات F_{ij} - السابق تحديدها على وسائل النقل المختلفة، وذلك لأغراض الرحلات المتنوعة، كل على حده وتقسم وسائل النقل إلى:

وسائل نقل عام: أتوبيس - ترولى - ترام - مترو أنفاق - مترو حضرى - سكك حديد ضواحي - تاكسى جماعى

وسائل نقل خاصة: سيارة خاصة - تاكسى - دراجة بخارية - دراجة

وتظهر نتائج نماذج الاختيار فى صورة مصفوفات عديدة كل منها يمثل مصفوفة للرحلات بوسيلة نقل معينة F_{ijm} . مجموع هذه المصفوفات بالإضافة إلى مصفوفة رحلات المشاة يكون مساوياً لمصفوفة التوزيع F_{ij} .

ولإمكان توزيع الرحلات على وسائل النقل تحدد أولاً مقاييس التوزيع، بتعبير آخر المؤثرات التى تدفع مواطن معين لإختيار وسيلة نقل معينة لغرض معين ومن هذه المؤثرات:

- الدخل، الوضع الاجتماعى، ملكية السيارات، توافر أماكن إنتظار السيارات
- تكاليف الرحلة، زمن الرحلة، مستوى الخدمة،..

وتستخدم لتحديد توزيع الرحلات على وسائل النقل المختلفة الطرق الآتية:

- طريقة معامل النمو المنتظم
- نماذج الارتباط
- نموذج كيرشهوف

Constant Growth Factor

طريقة معامل النمو المنتظم

طريقة تقريبية، يفترض فيها أن نسب توزيع الرحلات على وسائل النقل المختلفة ثابتة، وستستمر كذلك فى المستقبل. هذه الطريقة لا تصلح للتنبؤ بتوزيع الرحلات إذا كان من المنتظر إستخدام وسائل نقل جديدة.

مثال

عدد الرحلات بين خليتين عام ٢٠٠٥ هو ١٠,٠٠٠ رحلة، منها ٦,٠٠٠ رحلة نقل عام، والباقي تستخدم فيها وسائل النقل الخاص. فإذا علم أن عدد الرحلات المنتظر عام ٢٠١٥ بين هاتين الخليتين هو ١٥,٠٠٠ رحلة، أوجد التوزيع المنتظر بين النقل العام والنقل الخاص.

$$\text{نسبة رحلات النقل العام} = \frac{100 \times 6000}{10000} = 60\%$$

$$\text{عدد رحلات النقل العام عام } 2010 = 0,6 \times 10000 = 6000 \text{ رحلة}$$

$$\text{عدد رحلات النقل الخاص عام } 2010 = 10000 - 6000 = 4000 \text{ رحلة}$$

Aggregation Model

نموذج الارتباط تحليل إحصائي

$$F_{ijm} = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_n x_n$$

حيث

$$F_{ijm} = \text{عدد الرحلات من المصدر } i \text{ للهدف } j \text{ بوسيلة المواصلات } m$$

$$X_{1 \rightarrow n} = \text{العوامل المؤثرة على إختيار الوسيلة } m \text{ للرحلات من المصدر } i \text{ إلى الهدف } j$$

$$a_{0 \rightarrow n} = \text{ثوابت نحصل على قيمتها عن طريق التحليل الإحصائي}$$

Kirschhof Model

نموذج كيرشوف

عن طريق هذا النموذج، يتم توزيع الرحلات على وسائل النقل المختلفة تبعاً لمقاومة قطع الرحلة w_{ij} (السرعة - زمن الرحلة - تكاليفها) والصورة العامة النموذج:

$$F_{ijm} = F_{ij} \cdot w_{ijm}^{-\gamma} \div \sum w_{ijm}^{-\gamma}$$

مثال

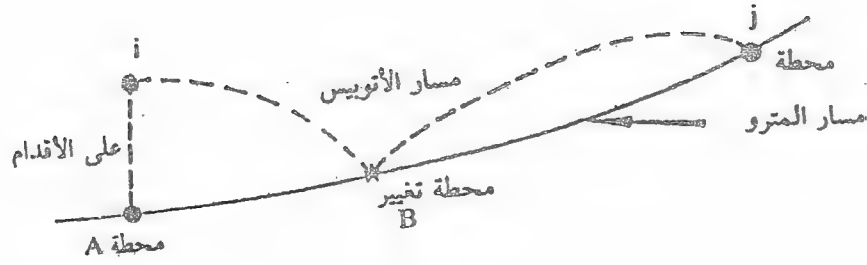
إذا علم أن إمكانيات الوصول من الخلية i هي:

١ - الخلية i ← أتوبيس ← الخلية j

٢ - الخلية i ← أتوبيس ← المحطة B ← مترو ← الخلية j

٣ - الخلية i ← على الأقدام ← المحطة A ← مترو ← الخلية j

وأن الزمن الذي يستغرق في كل منها هو $1090 - 1197 - 1295$ دقيقة حسب الترتيب. أحسب نسب توزيع الرحلات بين الخليتين (افرض $\gamma = 1$).



الحل

الوسيلة
المقاومة

m	1	2	3	Σ
w_{ijm}	1090	1197	1295	
$w_{ijm}^{-1} \times 1000$	0.917	0.835	0.772	2.524
F_{ijm}	36.3	33.1	30.6	100

٤ - نماذج التخصيص

Assignment Models

باستخدام نماذج التخصيص يتم ترتيب عدد الرحلات -السابق تحديده- على شبكة الطرق المتاحة بالمنطقة موضوع الدراسة. ولتخصيص الرحلات على الطرق يتم أولاً حساب مقاومة كل طريق (زمن قطع الطريق على سبيل المثال)، ثم تستخدم إحدى الطرق الآتية:

- تخصيص الطرق الأقصر
- التخصيص على شبكة الطرق باستخدام طريقة السعة المقيدة.
- التخصيص على شبكة الطرق باستخدام طريقة كيرشوف.

أ - تخصيص الطريق الأقصر

All-or-nothing Assignment

تبنى هذه الطريقة على افتراض أن المواطنين يسلكون لأهدافهم دائماً الطريق الأقصر (الطريق ذو المقاومات الأقل)، وعن طريق اختبار شبكة الطرق المتاحة يمكن بدون صعوبات كبيرة اختيار الطريق الأقصر بين كل خليتين i و j ، والذي يتم تخصيصه لجميع الرحلات F_{ijm} .

مثال

يبين الكروكي التالي شبكة الطرق بمنطقة سكنية، مكونة من ٤ خلايا نقل كذلك زمن قطع كل طريق منها (بالدقيقة). فإذا علم أن مصفوفة الرحلات (وحدة سير/ ساعة) كانت كما يلي:

	1	2	3	4
1	0	500	750	350
2	275	0	1050	475
3	650	1870	0	950
4	1250	350	2050	0

-- يحدد وفقاً للمقاومة الجديدة - مرة أخرى - - السفر طرقت بين الخطين رئيس من مرة أخرى من الرحلات Fijmk2 وتحسب المقاومة الجديدة للطريق.

- يكرر العمل حتى يتم تخصيص مسارات لجميع الرحلات Fijm

تعريف

سعة الطريق : أقصى عدد من وحدات السير التي يمكن أن تعبر قطاعاً عرضياً بالطريق (Capacity) خلال فترة زمنية محددة للحصول عند سرعة إنسياب معينة (وحدة سير/الساعة).

مشغولية الطريق: عدد وحدات السير التي تعبر قطاعاً عرضياً بالطريق خلال فترة زمنية محددة (وحدة سير/الساعة) Volume

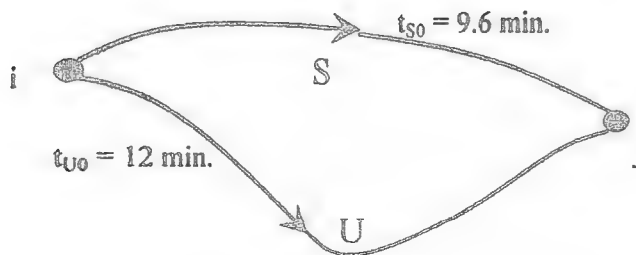
مثال

طريقان إتجاه واحد U & S يربطان خليتي نقل ز - i، المعلوم:

أقل زمن رحلة	السعة	معامل زيادة زمن الرحلة
t_0	C	x
الطريق S ٩,٦ دقيقة	٤٥٠ وحدة سير/ ساعة	٠,٤٣
الطريق U ١٢,٠ دقيقة	٦٠٠ وحدة سير/ ساعة	٠,٦٣

عدد وحدات السير المتجه من الخلية i إلى الخلية ز = ٦٠٠ (وحدة سير/ ساعة).

المطلوب : تحديد مشغولية كلا من الطريقين:



بفرض أن $K = 3$ وأن نسب التقسيم هي ٢٠ - ٣٠ - ٥٠ %

المرحلة الأولى
الطريق الأقصر

$$t_{S0} = 9.6 \text{ min.}, t_{U0} = 12 \text{ min.}$$

∴ الطريق الأقصر هو الطريق S

$$P_{K=1} = 50\% = 0.5 \times (600) = 300 \text{ Veh./h.}$$

$$M_{S1} = 300 \text{ Veh./h.}, t_{S1} = 9.6 \{1 + 0.43 (300 \div 450)\} = 12.35 \text{ min.}$$

$$M_{U1} = 0, t_{U1} = 12 \text{ min.}$$

المرحلة الثانية
الطريق الأقصر

$$t_{S1} = 12.35 \text{ min.}, t_{U1} = 12 \text{ min.}$$

∴ الطريق الأقصر هو الطريق U

$$P_{K=2} = 30\% = 0.3 \times (600) = 180 \text{ Veh./h.}$$

$$M_{U2} = 180 \text{ Veh./h.}, t_{U2} = 12 \{1 + 0.63 (180 \div 600)\} = 14.27 \text{ min.}$$

$$M_{S2} = 300 \text{ Veh./h.}, t_{S2} = 12.35 \text{ min.}$$

المرحلة الثالثة
الطريق الأقصر

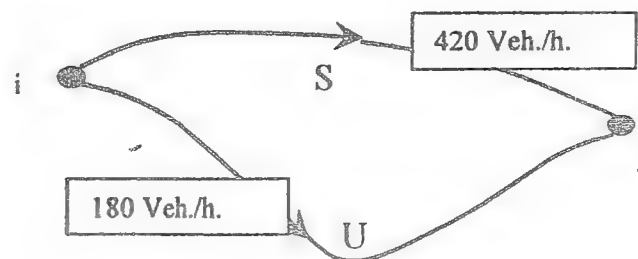
$$t_{S2} = 12.35 \text{ min.}, t_{U2} = 14.27 \text{ min.}$$

∴ الطريق الأقصر هو الطريق S

$$P_{K=3} = 20\% = 0.2 \times (600) = 120 \text{ Veh./h.}$$

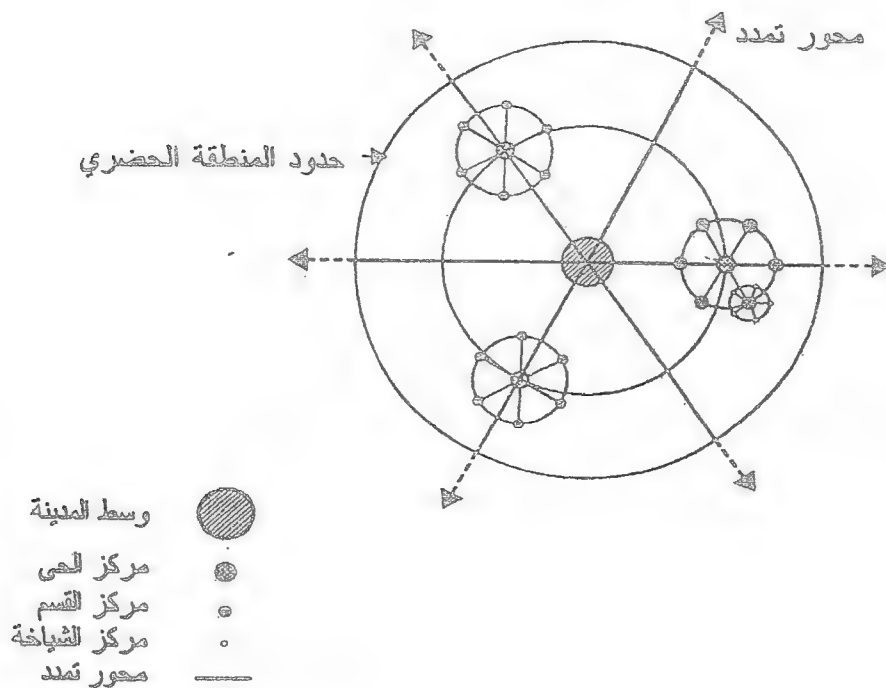
$$M_{S3} = 300 + 120 = 420 \text{ veh./h.}, t_{S3} = 9.60 \{1 + 0.43 (420 \div 450)\} = 13.45 \text{ min.}$$

$$M_{U3} = 180 \text{ Veh./h.}, t_{U3} = 14.27'$$



يمكن إيجاز أهداف تحسين خريطة استخدامات الأراضي بمدينة ما على النحو التالي:

- أن تكون النسبة المخصصة للمرور كافية لتلبية رغبات المواطنين للتنقل.
- إعادة توزيع مراكز الخدمات بالمدينة وفقاً لنظرية تدرج المركزية (خدمات الشياخات - الأقسام - الأحياء - وسط المدينة) كما في الشكل ١٨. داخل كل شياخة يجب توافر الخدمات الأساسية اللازمة للاحتياجات اليومية لسكان الشياخة (مثل: حضانة، مدرسة ابتدائية، مركز إسعاف، نقطة شرطة، محلات صغيرة للسلع الاستهلاكية). كل مجموعة من الشياخات يطلق عليها "قسم" وله مركز خدمات، يتضمن على سبيل المثال، مدرسة ثانوية، مستشفى عام، قسم شرطة، مركز تجاري وترفيهي، نادي رياضي واجتماعي). الحى يضم مجموعة من الأقسام ويحوى مجموعة من الخدمات التى لا يحتاجها جميع المواطنين فى حياتهم اليومية، على سبيل المثال، هيئات ومؤسسات، مراكز تجارية وترفيهية وخدمية عالية المستوى ومطاعم ومستشفيات تخصصية. أما مركز وسط المدينة فهو مرآة التضرر بالمدينة ويجمع فى الغالب الأنشطة الخدمية المتنوعة من مراكز تجارية وبنوك ومسارح ومطاعم وشركات سياحة وطيوان وخلافه. إن الهدف من تدرج المركزية هو تقليل عدد الرحلات الخارجة من كل خلية نقل، كذلك لتقليل نسبة الرحلات التى تستخدم فيها وسائل نقل (وتزداد تبعاً لذلك رحلات المشاة).
- وضع مراكز تجميع العمالة الجديدة (كالمصانع مثلاً) فى نهاية خطوط النقل العام وعلى حدود المدينة، وبذلك يكون بجانب الرحلات المتجهة لوسط المدينة رحلات تتجه لحدود المدينة (مشغولية متكافئة فى إتجاهى الحركة بوسائل النقل العام وعلى شبكة الطرق).

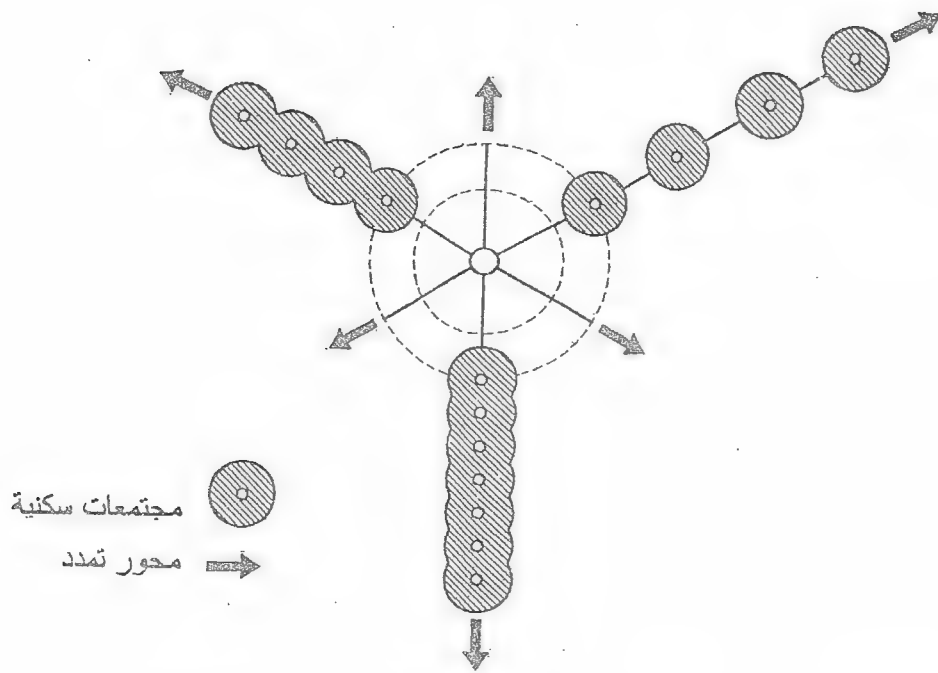


شكل ١٨ : توزيع مراكز الخدمات وفقاً لنظرية تدرج المركزية

ثانياً- تخطيط أسلوب نمو المدينة (شكل ١٩)

نظراً لأن كثيراً من المدن الكبرى أصبحت بوضعها الحالي غير قادرة على توفير حياة مناسبة لسكانها، فإنه من وجهة نظر هندسة النقل، لابد من نمو المدينة عن طريق إنشاء مدن صغيرة (مجتمعات سكنية) حول المدينة، وبحيث تشكل المدن الجديدة والمدينة الأم وحدة إقتصادية - إجتماعية متكاملة (يطلق عليها الإقليم). ومن قواعد تخطيط نمو المدن الكبرى:

- أن تكون المدن الجديدة على محاور نقل سريعة لربطها بالمدينة الأم (قطرية ودائري).
- أن يكون ترتيب مراكز الخدمات تبعاً لنظرية تدرج المركزية على محاور النقل السريع.
- أن يكون النقل العام على هذه المحاور ذات كفاءة مناسبة لإمكان الإعتماد عليه في تغطية إحتياجات المواطنين للتنقل.
- المسافة بين المجتمعات السكنية تتوقف على الكثافات السكانية المتوقعة والظروف الطبيعية.



شكل ١٩: محاور النقل السريع اللازمة لنمو المدن ومجال تأثيرها

ثالثاً- تخطيط نظم النقل العام

بناء على التنبؤ بخصائص رحلات المستقبل (عدد الرحلات التي تستخدم في وسائل النقل العام - التوزيع الجغرافي لرحلات النقل العام) يمكن تحديد الأساليب المختلفة الضرورية للتخطيط، على سبيل المثال:

- تحديد وسائل النقل العام المناسبة.
- تحديد شكل شبكة النقل العام للوسائل المختلفة.
- تخطيط شبكة الخطوط ومواقع المحطات.

- وضع نظام التشغيل (جداول المسير - تعريف النقل)
- تحديد نظام تحرك وسائل النقل العام بالطرق (حارات أو شوارع للنقل العام فقط).
- مشاركة القطاع الخاص في النقل الجماعي عن طريق شركات كبرى، الهدف منها تدعيم نظام النقل العام عن طريق تقديم خدمات مميزة للجمهور بتعرفة تحكمها إقتصاديات السوق لجذب عدد من ركاب السيارة الخاصة (وليس ركاب النقل العام).
- تقنين استخدام التاكسي الجماعي كنظام نقل جماعي مكمل لنظم النقل العام.

الميكروباص

رابعاً- تخطيط شبكة الطرق ونظام إدارة المرور

- إعادة توصيف وتصنيف شبكة الطرق (طرق سريعة - شوارع رئيسية - ...)
- وضع قواعد المرور (شوارع الإتجاه الواحد - منع الإتجاه لليسار - نظام إشارات المرور - ..)
- تهدئة المرور بالمناطق السكنية ووسط المدينة (مناطق المشاة فقط - منع المرور السريع)
- وضع قواعد إنتظار السيارات (مواقع إنتظار السيارات وسعتها - أزمنة الإنتظار - ..)
- ITS تطبيق التكنولوجيا الحديثة والإشارات الأتوماتيكية الذكية في التحكم الألى لإنسياب المرور على محاور الطرق الرئيسية وبمنطقة وسط المدينة
- التوسع في تزويد الطرق بإشارات وعلامات الإرشاد المروري لتحديد أولويات المسير
- إعادة التخطيط المروري لشبكة الطرق بمنطقة وسط المدينة ليتضمن طرق رئيسية تحيط بالمنطقة غير مصرح بالإنتظار عليها، وطرق داخلية إتجاه واحد يصرح بالإنتظار على أحد جوانبها أو على الجانبين
- الإعتماد على وسائل النقل العام كنظام النقل الأساسى لتحركات المواطنين من وإلى وسط المدينة كبديل للسيارة الخاصة
- تشغيل وحدات ميكروباص بمنطقة وسط المدينة لتسهيل التنقلات الداخلية

خامساً- تأمين تحركات المشاة

- في إطار إستراتيجية مرورية، من الضروري إنشاء مناطق للمشاة فقط في بعض المناطق والشوارع التجارية والسكنية وذات القيمة الحضارية والتاريخية والتي تزداد فيها كثافة المشاة.
- يجوز التصريح لوسائل النقل العام بالمسير في شوارع المشاة، وقد تبين من الخبرات العملية أن حركة النقل العام بمناطق المشاة لا تؤثر سلبياً على الأمان المروري.
- تأمين عبور المشاة للطرق وعند التقاطعات والميادين.
- زيادة عرض الأرصفة بالشوارع التي بها حركة مشاة كثيفة، وقد أوضحت الدراسات، أن إقتطاع مساحات من الطرق المخصصة لمرور السيارات وتخصيصها للمشاة فقط لا يؤثر سلبياً على السيولة المرورية، إذا كان ذلك مصحوباً بإجراءات لتدعيم النقل العام كبديل للسيارة الخاصة.

ساساً- تخطيط تحركات اللوريات ومركبات النظافة

- تحديد مسارات وأزمنة للتحركات
- تحديد مواقع وإنشاء مراكز جملة لتجميع وتوزيع البضائع

٣-٢-٣ التنبؤ بفاعلية الأساليب الفنية

إن تنفيذ أى أسلوب من الأساليب المقترحة -سابقة الذكر- قد يتبعه تغيير فى خصائص الرحلات (على سبيل المثال، قد يكون نتيجة تشغيل مترو أنفاق جديد بمدينة ما، زيادة عدد مرات تكرار الرحلات اليومية للمواطنين). لذا فمن الضروري العمل على التنبؤ بمدى فاعلية الأساليب المقترحة كل على حدا لتحقيق نظام الأهداف المحدد للتخطيط، ومن أهم الطرق المستخدمة لهذا الغرض:

أ- طريقة التنبؤ

يتم الإستفسار من عينة من المواطنين عن خصائص رحلاتهم المتوقعة، إذا ما نفذ أسلوب معين من أساليب التخطيط.

ب- طريقة التشابه

وفيها يفترض المخطط أن تأثير تنفيذ أسلوب معين بالمدينة موضوع الدراسة سيكون هو نفسه تأثير تنفيذ نفس الأسلوب فى مدينة أخرى، تم فيها من قبل إستخدام الأسلوب المقترح.

ج- طريقة التحليل الزمنى

وفيها يتم جمع بيانات عن طريق الاستقصاء أو العد والقياس قبل وبعد تنفيذ أحد الأساليب المقترحة للتخطيط. وعن طريق تحليل النتائج يمكن تعديل التخطيط للحصول على الحل الأمثل. غالباً ما تستخدم هذه الطريقة للأساليب التى تأخذ طابع المرونة فى التنفيذ (على سبيل المثال تعريف الانتظار - منع المرور فى أحد الطرق - تخصيص أحد الشوارع للمرور فى إتجاه واحد)، والتى يمكن فيها تعديل التخطيط بدون خسائر مادية كبيرة.

Evaluation of Alternative Solutions

تقييم الحلول البديلة

٤-٣

لتخطيط شبكات النقل الضخمة داخل المدن، تستخدم برامج تجارية تعمل على الحاسب الآلى، ويمكنها التعامل مع أعداد كبيرة من خلايا النقل ووصلات الطرق. ومن أشهر هذه البرامج فى الوقت الحالى وأكثرها انتشاراً مجموعة PTV-System، حيث أنها تتضمن تكنولوجيا عالية، وأساليب علمية حديثة ودقيقة، كما أنها مبنية على أساس الحوار بين المخطط والحاسب الآلى، وتظهر النتائج على شاشة الحاسب، إما فى صورة خرائط أو جداول أو أشكال هندسية.

سأذكر برامج أخرى مثل CORSIM و HCS

١ ٢ ٣ تتضمن مجموعة PTV-System ثلاث برامج VISEM, VISUM, & VISSIM:

VISEM: يتضمن أساليب متعددة لنماذج (الإنبثاق والجذب)، (التوزيع)، (والإختيار). والبرنامج يعد مصفوفات المصدر/الهدف المتنوعة (واللازمة لمرحلة تخصيص الرحلات على شبكة الطرق)، وهو قابل للمعايرة، ومصمم بحيث يمكنه تعديل النتائج فوراً عندما يريد المخطط تغيير أى معلومة فى مدخلات البرنامج.

VISUM: يعتمد على مصنفات المصدر/المستهدف المتنوعة التي تتقلد له أتمتة/تقييم من **VISEM**، ويتضمن نماذج متعددة لتخصيص الرحلات على الشبكات لكل نظام من نظم النقل. والبرنامج أيضاً قابل للمعايرة، ومن أهم مخرجاته مشغولية الطرق وخصائص المرور عليها (السرعة - مستوى الخدمة - زمن الرحلة)، هذا بالإضافة إلى التأثيرات البيئية المتوقعة (الضوضاء والعوادم). والبرنامج مصمم بحيث يمكن أيضاً تعديل النتائج فوراً عندما يريد المخطط إجراء أى تعديل فى شبكات النقل أو خصائصها، وبالتالي يمكن بسهولة اختبار عدد كبير من البدائل التخطيطية فى أسرع وقت ممكن.

VISSIM: هو برنامج محاكاة **Simulation** يحصل على البيانات اللازمة له من مخرجات **VISUM**، ويقوم بعرض تفصيلي **Micro-Analysis (with Animation)** لحركة وسائل النقل المتنوعة وكذلك المشاة على كل طريق. كما يقوم بحساب أزمنة التأخيرات عند التقاطعات، وكذلك أزمنة دورة إشارات المرور فى حالة وجودها. يقوم البرنامج بتعديل النتائج فوراً إذا ما قام المخطط بإجراء أى تعديل فى التخطيط الهندسى للطرق أو التقاطعات.

باستخدام البرامج التجارية، يمكن إعداد بدائل تخطيطية مختلفة، يتطلب الأمر تقييمها عن طريق مقارنة بعضها البعض فنياً، وإقتصادياً، وإجتماعياً. كذلك مقارنتها ببديل يطلق عليه "Do-Nothing-Scenario" والذي يمكن تعريفه بأنه الوضع الحالى لنظم النقل والمرور دون أى تعديلات جذرية، أى أن الزيادات فى أحجام الحركة ستكون على نفس الشبكات الحالية. الجدول التالى يوضح معايير مقارنة البدائل وتقييمها.

الهدف	معايير التقييم	التقييم
التقييم الفنى	متوسط السرعة	الأفضل: السرعة الأكبر مع مراعاة أقصى سرعة مصرح بها
	Average speed	الأفضل (0.6 - 0.8) الأقل أفضل
	Saturation degree	الأفضل
	نسبة عدد رحلات النقل العام	الأفضل
	نسبة رحلات المشاة	الأفضل
	عدد رحلات المواطن فى اليوم	الأفضل
التقييم الإقتصادى	إجمالي أزمنة التأخيرات فى اليوم	الأقل أفضل
	معدل العائد	يراجع الباب الرابع (تخطيط النقل والتحليل الإقتصادى)
	التكاليف الكلية السنوية	
	فترة استرداد رأس المال	
التقييم البيئى	المنافع والتكاليف	
	إستهلاك الطاقة	الأقل أفضل
	كميات العوادم المختلفة	الأقل أفضل
	متوسط الضوضاء	الأقل أفضل
	المساحات المخصصة للمرور	الأقل أفضل
التقييم الإجتماعى	أعداد الحوادث	الأقل أفضل
	الإحساس بالأمان المرورى	الأكبر أفضل

تمارين

١. قيسـت أحجام المرور على طريق فكانت ١٥٥٠ وحدة سير/الساعة، قيسـت سرعة ٥٨ وحدة منها فكانت السرعة المتوسطة ١٧,٤ كم/الساعة بإنحراف معياري ٦ كم/الساعة. إحسب الخطأ النسبي لهذه السرعة مع احتمال ٩٥,٥ %

٢. الجدول التالي يوضح تطور ملكية السيارات (سيارة/١٠٠٪ شخص) بمدينة ما منذ عام ١٩٩٠ حتى عام ٢٠٠٥.

العام	١٩٩٠	١٩٩٥	٢٠٠٠	٢٠٠٥
ملكية السيارات	٨,٠٨	١٥,٧١	٢٢,٦٦	٢٧,٥٩

إحسب ملكية السيارات عام ٢٠٢٠ بهذه المدينة مستخدماً كل من:

- طريقة الزيادة الخطية المنتظمة
- طريقة معامل النمو الهندسي
- طريقة التطور المنطقي، إذا فرض أن ملكية السيارات بهذه المدينة يجب ألا تتعدى ٥٠ سيارة/١٠٠٠ شخص.

٣. الجدول التالي يوضح بيانات عن الوضع الحالي والمستقبلي لعدد العاملين وفرص العمل بأقسام إحدى المدن: أبريل ٢٠٠٢

الوضع الحالي			الوضع المستقبلي		
خلية رقم ١	خلية رقم ٢	خلية رقم ٣	خلية رقم ١	خلية رقم ٢	خلية رقم ٣
١٠٠٠	٢٤٠٠	١٢٠٠	٢٥٠٠	٣٠٠٠	٢٠٠٠
١٦٠٠	١٠٠٠	٢٠٠٠	٢٧٠٠	٣٠٠٠	٣٠٠٠

من إلى	١	٢	٣	Q
١	-	٦٠٠	١٠٠٠	١٦٠٠
٢	٢٠٠	-	٢٥٠٠	٢٧٠٠
٣	٤٠٠	٥٠٠	-	٩٠٠
Z	٦٠٠	١١٠٠	٣٥٠٠	٥٢٠٠

فإذا كانت مصفوفة المصدر/الهدف للوضع

الحالي في وقت الذروة هي كما يلي:

المطلوب:

أ- إحسب أعداد الرحلات المنبثقة والمنجذبة

(في المستقبل) من وإلى كل قسم

ب- إحسب باستخدام معامل النمو المتوسط أعداد وخصائص

الرحلات (في المستقبل) من الخلية رقم ١ إلى الخلية رقم ٣

٤. يحسب أعداد الرحلات المنبثقة من خلية نقل في عام ٢٠١٥، بناءً على البيانات بتجدون التالي، إذا علم أن الرحلات المنبثقة من هذه الخلية عام ٢٠٠٥ كانت ٢٠٠٠ رحلة يومياً

العام	أعداد السكان	أعداد العاملين	ملكية السيارات (سيارة/١٠٠٠ مواطن)
٢٠٠٥	١٤٠٠٠	٢٧٠٠	٤٨
٢٠١٥	١٢٠٠٠	٣٥٠٠	٦٥

٥. المطلوب إعداد مصفوفة المصدر/الهدف في المستقبل لساعة الذروة بناءً على البيانات التالية بأقسام إحدى المدن، استخدم طريقة النمو المنتظم:

الوضع الحالي			الوضع المستقبلي			
خلية رقم ١	خلية رقم ٢	خلية رقم ٣	خلية رقم ١	خلية رقم ٢	خلية رقم ٣	
١٠	٢٤	١٢	١٨	٢٢	٢٠	أعداد السكان (١٠٠٠ x)
٣٠٠٠	٥٠٠٠	٣٥٠٠	٤٠٠٠	٤٠٠٠	٤٠٠٠	أماكن العمل (مركز عمل)
١٠٠٠	٢٤٠٠	١٢٠٠	٢٥٠٠	٣٠٠٠	٢٠٠٠	سيارة لكل ١٠٠٠ مواطن
٤	٦	٥	٦	٦	٦	عدد المدارس

٢٠٠٠
٢٢
٢٠٠٠
٢٢٢٢

مصفوفة المصدر/الهدف للوضع الحالي في ساعة الذروة

١	٢	٣	Q
١	-	٦٠٠	١٦٠٠
٢	٢٠٠	-	٢٧٠٠
٣	٤٠٠	٥٠٠	٩٠٠
Z	٦٠٠	١١٠٠	٥٢٠٠

٦. الجدول التالي يوضح بيانات عن أعداد السكان العاملين - فرص العمالة بأقسام إحدى المدن وذلك في عام ٢٠٠٠ وعام ٢٠٢٠

بيانات عام ٢٠٠٠ Q, Z

القسم	أعداد السكان	أعداد العاملين	فرص العمالة
١	٥٢٠٠	٢٤٩٦	١٤٠٠
٢	٦٦٠٠	٣١٦٨	١٢٠٠
٣	١٦٠٠	٧٦٨	٤٥٠٠
٤	٨١٠٠	٣٨٨٨	٦٩٠٠
٥	٥٥٠٠	٢٦٤٠	١٤٠٠
٦	٢٥٠٠	١٢٠٠	٦٠٠

بيانات عام ٢٠٢٠

القسم	أعداد السكان	أعداد العاملين	فرص العمالة
١	٥٤٠٠	٢٨٠٨	١٤٠٠
٢	٦٩٠٠	٣٥٨٨	١٥٠٠
٣	٢٨٠٠	١٤٥٦	٤٧٠٠
٤	٧٣٠٠	٣٧٩٦	٦٠٠٠
٥	٤١٠٠	٢١٣٢	١٠٠٠
٦	٥١٠٠	٢٦٥٢	١٥٠٠

إحسب باستخدام نموذج معامل النمو المنتظم أعداد الرحلات المنبقة والمنجذبة من وإلى أى قسم من أقسام المدينة عام ٢٠٢٠ إذا علم أن مصفوفة المصدر والهدف للرحلات اليومية عام ٢٠٠٠ كانت كما يلي:

من	إلى	١	٢	٣	٤	٥	٦
١	٣٥	٧٥	٨٧	٢٥١	٧٨	١٦	
٢	٧٥	٤٤	٦٤	٢١٥	٤٣	٢٩	
٣	٨٧	٦٤	١٥	١٦٤	٧٣	٣٢	
٤	٢٥١	٢١٥	١٦٤	١٠٥	٢٧٤	٨١	
٥	٨٧	٤٣	٧٣	٢٧٤	٣٠	٣٢	
٦	١٤	٢٩	٣٢	٨١	٣٢	٧	

٧. توزيع باستخدام البيانات بالسؤال السابق إحسب عام ٢٠٢٠:

- أ- عدد الرحلات الداخلية بالخلية رقم ٣ & ٦ باستخدام طريقة معامل النمو المتوسط
ب- بين كل من الخليتين رقم ٥ - رقم ٦ باستخدام طريقة فراتر.

٨. توزيع الجاذبية مدينة مكونة من ٤ خلايا نقل حسب عدد الرحلات المنبقة والمنجذبة من وإلى كل خلية فكانت النتائج كما يلي: ~~مستقبل~~ ~~مستقبل~~

الخلية	عدد الرحلات المنبقة بالآلاف	عدد الرحلات المنجذبة بالآلاف
١	١٠	٥٠
٢	٢٠	١٠
٣	٣٠	٢٠
٤	٤٠	٣٥

فإذا علم أن مصفوفة المقاومات بين الخلايا الأربعة هي:

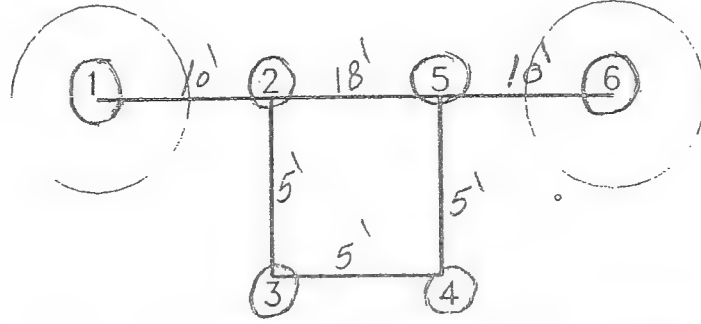
من	إلى	١	٢	٣	٤
١	١	١	٢	٣	٤
٢	٣	٢	١	٢	٣
٣	٣	٤	٣	١	٢
٤	١	٢	٣	٢	١

إحسب عدد الرحلات بين الخلايا مستخدماً نموذج الجاذبية.

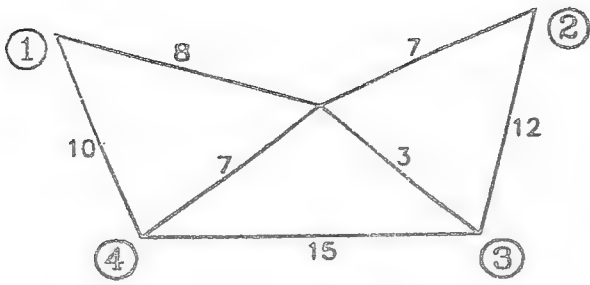
٩. توزيع إذا علم أن هناك ٣ إمكانيات للوصول من الخلية i إلى الخلية j : الأتوبيس - الترام - التاكسي الجماعي، وأن تعريفة التنقل لكل منها ٧٥ - ٣٥ - ١٠٠ قرش على الترتيب. إحسب نسب توزيع الرحلات من الخلية i إلى الخلية j لكل وسيلة نقل.

٢٠٠٤
١٠.١) نقطة : نقطة من الخلية ١ إلى ٦ عن طريق شبكة طرق مختلفة مختلفة
أساليب تخصيص مختلفة والبيانات التالية (ارسم ثلاث كروكيات توضح النتائج):

مايو ٢٠٠٨



From	To	t_0 (min)	x	C (pcu/h)
1	2	10	0.5	900
2	5	18	0.3	1600
2	3	5	0.6	1000
3	4	5	0.6	1000
4	5	5	0.6	1000
5	6	10	0.5	900



١١.١) الشكل يوضح وصلات شبكة طرق تربط بين

٤ خلايا، وكذلك أزمنة قطع الرحلات بالدقيقة.

المطلوب تخصيص الرحلات من الخلية ١ إلى الخلية ٣

والتي تبلغ ٢٠٠٠ سيارة/الساعة باستخدام طريقة السعة

المقيدة، إذا علم أن سعة جميع الطرق متساوية وتبلغ

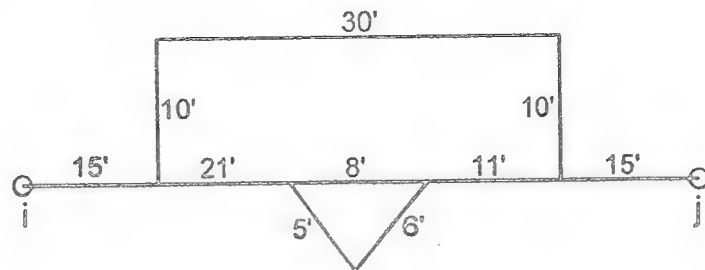
٦٠٠ سيارة/الساعة ومعامل زيادة زمن الرحلة ٠,٦٠.

أبريل ٢٠٠٢

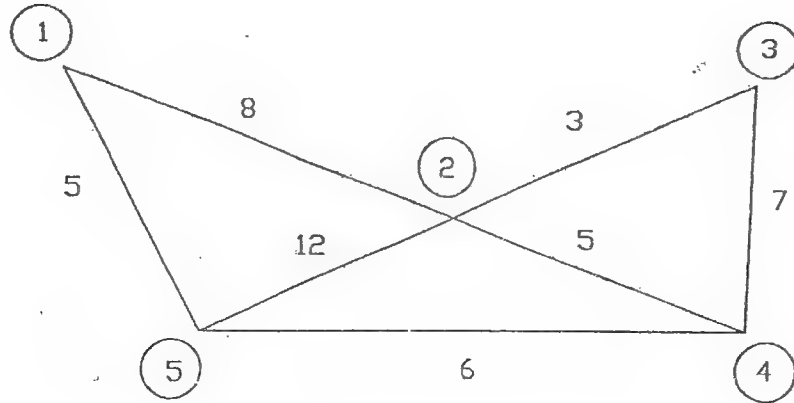
١٢.١) الشكل التالي يوضح إتصال مركز الخلية ١ مع مركز الخلية ٢ عن طريق مجموعة من

الطرق، وكذلك أزمنة الرحلات بالدقيقة لقطع هذه الطرق المطلوب إيجاد نسب مشغولية الطرق

المختلفة باستخدام كيرشهوف.

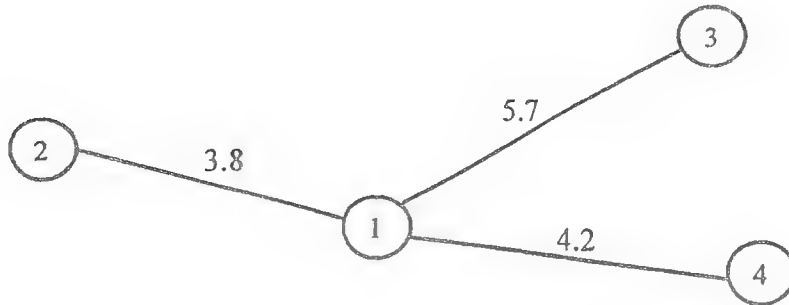


١٣. الشكل التالي يوضح شبكة من الطرق تربط بين ٥ خلايا نقل، كذلك أقل زمن (بالدقائق) لقطع الرحلات بين الخلايا. استخدم طريقة (أقصر طريق) لتخصيص الرحلات بالمصفوفة التالية على شبكة الطرق.



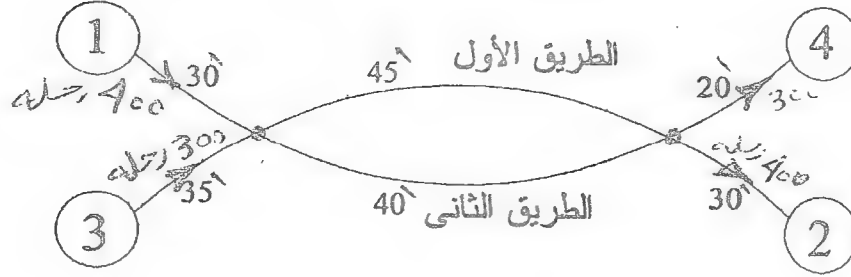
الهدف	١	٢	٣	٤	٥
المصدر					
١	-	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	١٥٠
٢	٤٠٠	-	٢٠٠	١٠٠	٥٠٠
٣	٢٠٠	١٠٠	-	١٠٠	١٥٠
٤	٢٥٠	١٥٠	٣٠٠	-	٤٠٠
٥	٢٠٠	١٠٠	٥٠	٣٥٠	-

١٤. وفقاً للشكل التالي، سكان الخلية (١) يمكنهم قطع رحلاتهم بهدف قضاء المصالح الشخصية من خلايا النقل ٢، ٣، ٤. الشكل يوضح أيضاً المسافة بالكيلومتر بين الخلية (١) وباقي الخلايا. المطلوب: حساب مشغولية الطريق بين الخلايا الأربعة نتيجة رحلات المصالح الشخصية من الخلية (١) للخلايا الثلاث الباقية.



١٥) الشكل التالي يوضح شبكة الطرق بين ٤ خلايا نقل وأزمنة الرحلات بين الخلايا بالدقيقة. المطلوب تخصيص الرحلات على شبكة الطرق، وذلك لعدد رحلات من ١ إلى ٢ قيمتها ٤٠٠ ورحلات من ٣ إلى ٤ عددها ٣٠٠، إذا علم أن:

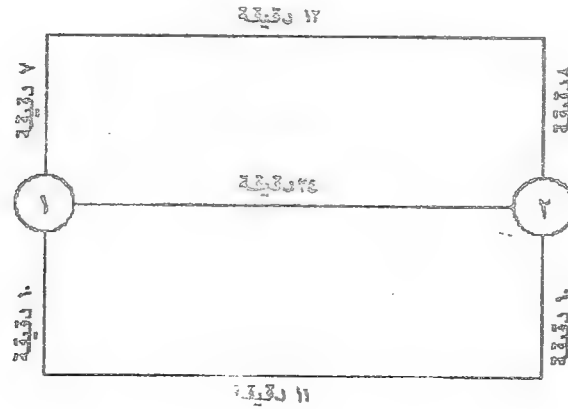
السعة	معامل زيادة زمن الرحلة
الطريق الأول ٤٥٠ وحدة سير/ساعة	٠,٤٣
الطريق الثاني ٦٠٠ وحدة سير/ساعة	٠,٦٣



١٦) الشكل يوضح وصلات شبكة طرق تربط بين خليتين (١ & ٢)، وكذلك أزمنة قطع الرحلات بالدقيقة. المطلوب تخصيص الرحلات من الخلية ١ إلى الخلية ٢ والتي تبلغ ٢٠٠٠ سيارة/الساعة:

أولاً: باستخدام طريقة الطريق الأقصر

ثانياً: باستخدام طريقة السعة المقيدة، إذا علم أن سعة جميع الطرق متساوية وتبلغ ١٢٠٠ سيارة/الساعة ومعامل زيادة زمن الرحلة ٠,٦٠، وضح النتائج على الشبكة.



الباب الثاني تخطيط النقل العام

تخطيط النقل العام

Public Transport Planning (mass Transit)

١- واجبات نظم النقل العام داخل المدن

Duties of Public Transport in Urban Areas

تغطية إحتياجات المواطنين للتنقل:

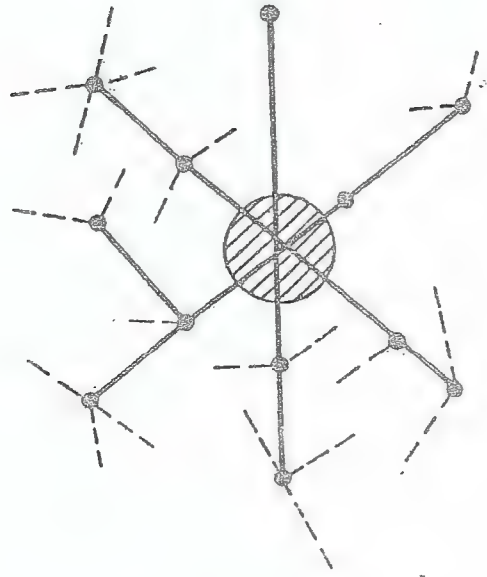
- للأغراض المختلفة (العمل، التعليم، قضاء وقت الفراغ)،
- على مدار اليوم،
- وفقاً لجدول مسير ثابت وبفترة تقاطر أقل ما يمكن،
- من المصدر للهدف مباشرة بقدر الإمكان،
- فى أقل زمن ممكن (بما فى ذلك زمن التحرك على الإقدام من المصدر أو الهدف)،
- بأمان،
- بمستوى خدمة مناسب.

٢- إستراتيجية تخطيط شبكات النقل العام (شكل ١)

Strategies of Public Transport Network Planning

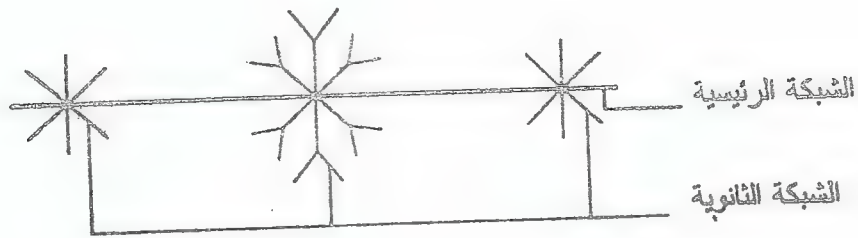
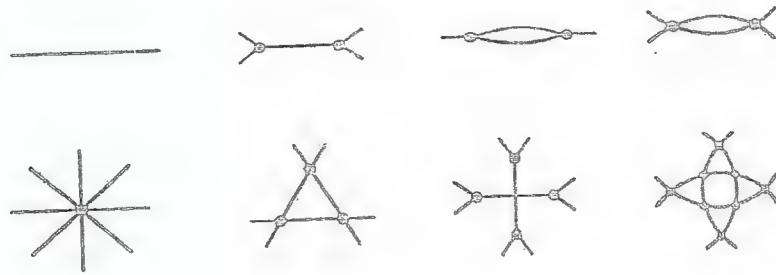
- إنشاء شبكة نقل عام رئيسية لربط أحياء المدينة المختلفة بعضها البعض.
- إنشاء شبكة نقل عام ثانوية لخدمة الأقسام المختلفة للمدينة، ترتبط هذه الشبكة بخطوط الشبكة سابقة الذكر عند محطات تغيير لوسيلة المواصلات.
- تشغيل الميكروباص كوسيلة نقل عام مساعدة لخدمة المناطق التى يصعب فيها تحرك وحدات الأتوبيس التقليدية أو لخدمة أغراض النقل من المصدر إلى الهدف مباشرة.
- إعطاء أولويات المرور على شبكة الطرق لوسائل النقل العام.
- الحد من استخدام السيارة الخاصة بوسط المدينة عن طريق:
 - مد خدمة النقل العام داخل وسط المدينة
 - خدمة وسط المدينة بوحدات الميكروباص

● محطة تنوير وسيلة
 منطقة وسط المدينة
 — خطوط النقل العام الثانوية
 — شبكة النقل العام الرئيسية



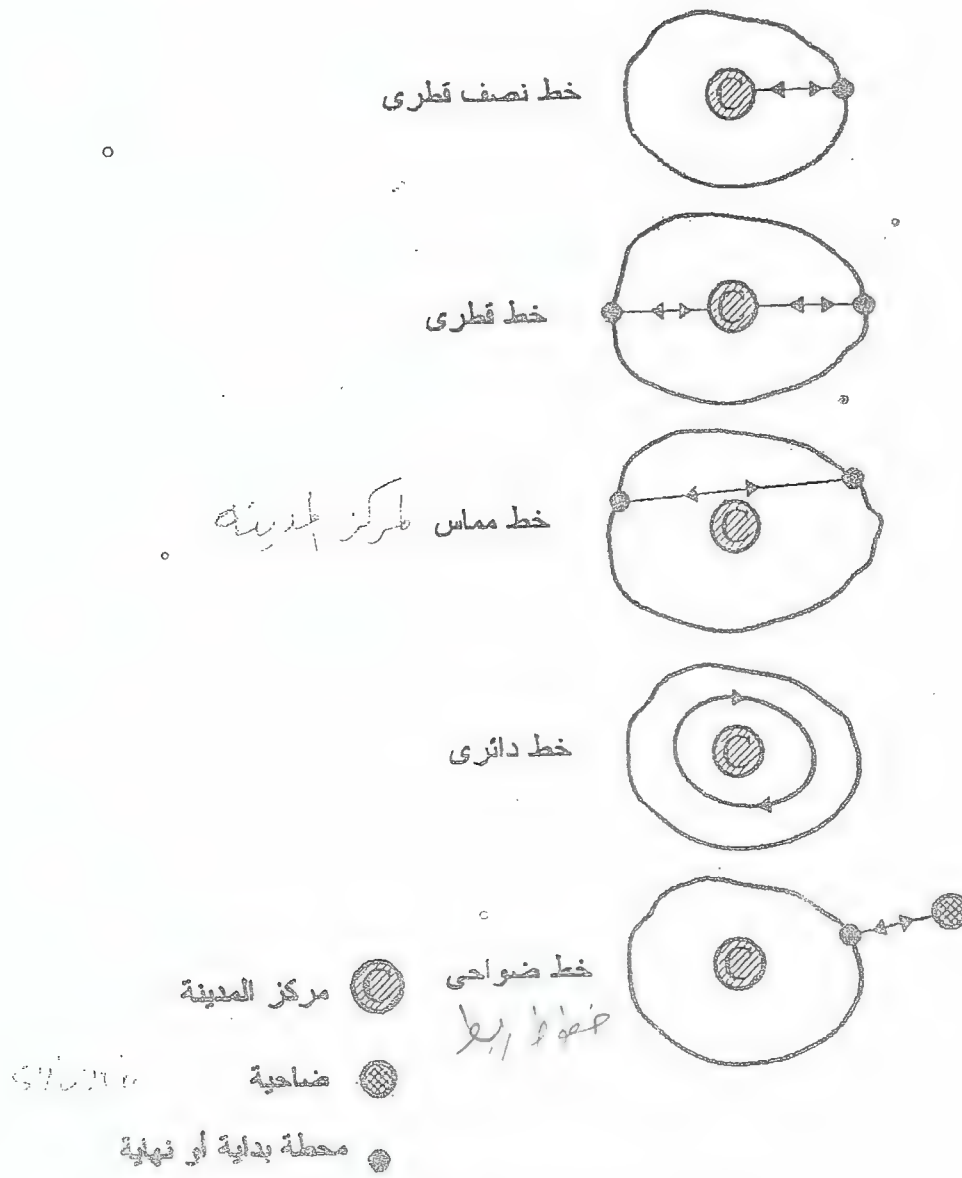
شكل ١: إستراتيجية تخطيط شبكات النقل العام

٣- نماذج شبكات النقل العام (شكل ٢) Public Transport Network Models



● محطة تنوير وسيلة
 — الشبكة الثانوية
 — الشبكة الرئيسية

شكل ٢: نماذج شبكات النقل العام



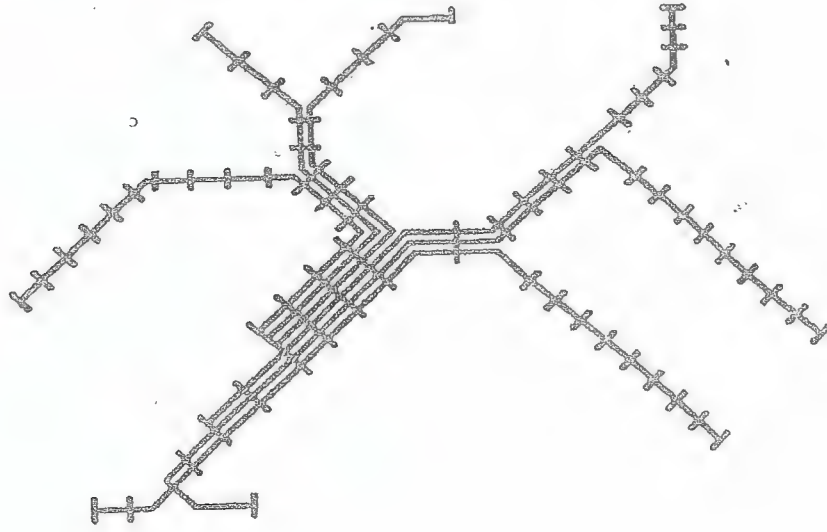
شكل ٣: نماذج خطوط النقل العام

الإشتراطات الواجب توافرها بشبكات خطوط النقل العام

زمن الرحلة	← أقل ما يمكن
عدد مرات تغيير الوسيلة	← أقل ما يمكن
وحدة سير. كم	← أقل ما يمكن

ويمكن تحقيق هذه الإشتراطات ككل باستخدام أساليب بحوث العمليات

شكل ٤: يوضح مثال لشبكة نقل عام بمدينة، ويمكن من الشكل التعرف على شبكة الخطوط



شكل ٤: مثال لشبكة نقل عام

Public Transport Modes

وسائل النقل العام

• وسائل النقل العام التقليدية

ميكروباص - أتوبيس - ترولي باس - ترام

• وسائل النقل العام السريعة (معزولة المسار جزئياً)

أتوبيس سريع - المترو الحضري

• وسائل النقل العام السريعة (مقيدة المسار كلياً)

مترو الأنفاق

• سكك حديد الضواحي

بالرجوع "الكاتب" تقديم

خانة "الكاتب" التقديم
Computer rail
subways
Urban Metro
Light rail
street car
Tram
bus

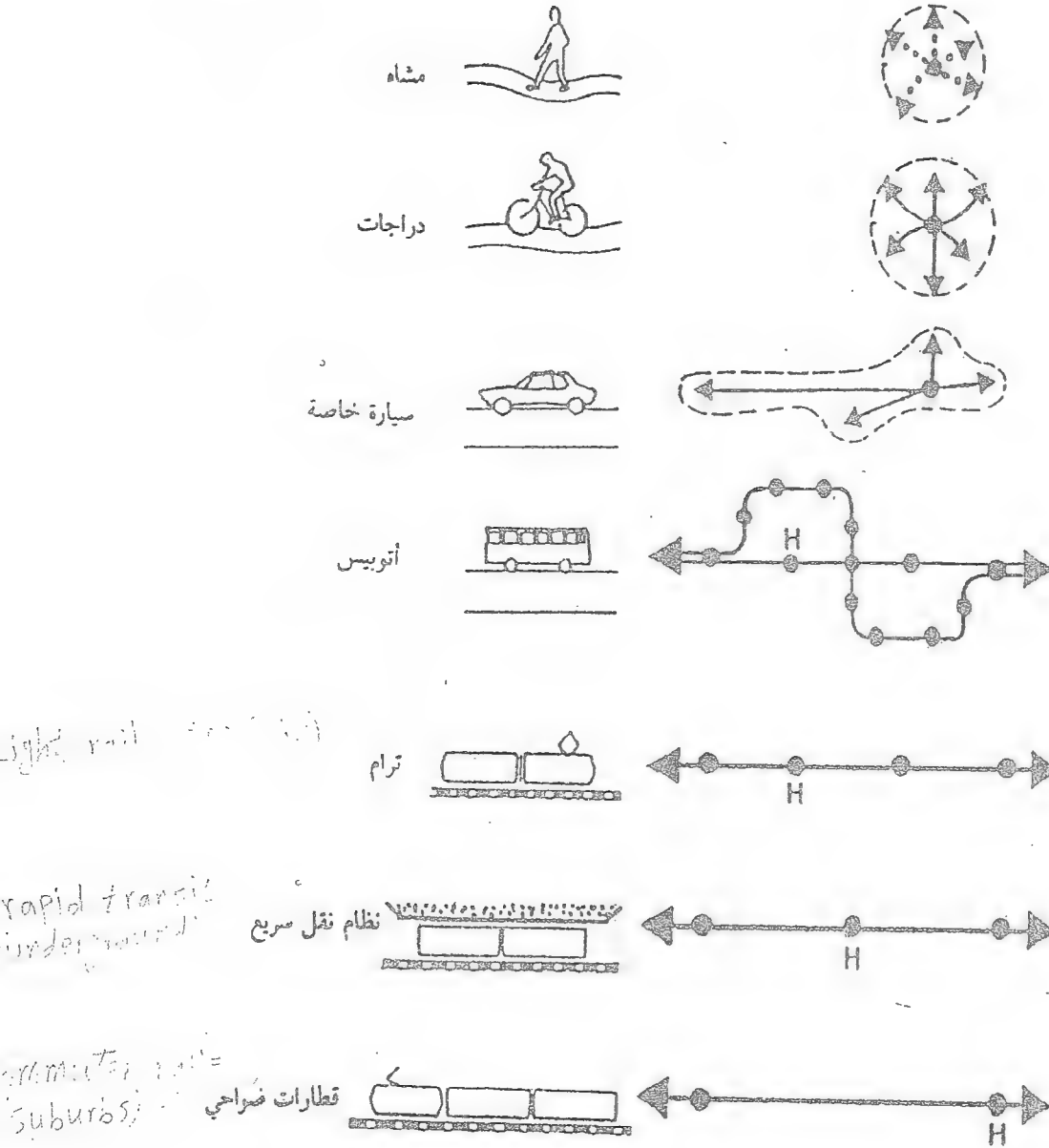
الجدول التالي يعطى تصوراً عاماً لخصائص كل وسيلة من وسائل النقل العام

الخصائص	أتوبيس	ترام	مترو حضري	مترو حضري	سكك الضواحي
سعة العربات (راكب)	١٢٠ - ٤٠	١٨٠ - ١٠٠	٢٥٠ - ١١٠	٢٥٠ - ١١٠	حوالي ٢٨٠
عدد عربات القطار	١	٣ - ١	٤ - ١	٤ - ١	١٠ - ١
سعة القطار (راكب)	١٢٠ - ٤٠	٣٠٠ - ١٠٠	٧٠٠ - ١١٠	٧٠٠ - ١١٠	حتى ٢٠٠٠
سعة الخط (راكب/الساعة/اتجاه)	٧٠٠٠	١٢٠٠٠	٢٠٠٠٠	٢٠٠٠٠	٦٠٠٠٠
المسافة بين المحطات (بالمتر)	٥٠٠ - ٢٠٠	٥٠٠ - ٢٥٠	٨٠٠ - ٥٠٠	٨٠٠ - ٥٠٠	٤٥٠٠ - ١٢٠٠
سرعة الممير (كم/الساعة)	١٥ - ٦	١٣ - ٥	٣٥ - ٢٥	٣٥ - ٢٥	٦٥ - ٢٨
الأمان	متوسط	متوسط	عالي/متوسط	عالي/متوسط	عالي
درجة الاعتماد على الوسيلة	قليل	قليل	عالي/متوسط	عالي/متوسط	عالي

Comparison between Public Transport Systems

٦-١ المسارات (شكل ٥)

Routes



شكل ٥: المسارات

Needed Areas

٦-٢ المساحات اللازمة

مثال توضيحي

ما هي المساحات المطلوبة لنقل ١٥٠٠٠ راكب / ساعة بنظم النقل المختلفة؟

الحالة الأولى: شوارع الخاصة على طريق داخل المدن ١٧ حارة إتجاه واحد - عرض الحارة ٣,٥ متر بالإضافة إلى أماكن الانتظار. العرض الكلي = ١١٩ متر

الحالة الثانية: السيارات الخاصة على طريق سريع - ٧ حارة لكل إتجاه عرض الحارة ٣,٧٥ متر بالإضافة إلى أماكن الانتظار. العرض الكلي = ٥٢,٢٥ متر.

الحالة الثالثة: أتوبيس - ٤ حارات عرض الحارة ٣,٥ متر - سعة الأتوبيس ١٠٠ راكب. العرض الكلي = ١٤ م.

الحالة الرابعة: أتوبيس سريع - حارتين - عرض الحارة ٤,٥ متر - ١٠٠ راكب بالأتوبيس. العرض الكلي = ١١ م.

الحالة الخامسة: نظام نقل سريع (فى مسار معزول تماماً) - القطار ١٠٠٠ راكب. العرض الكلي = ٧,٥ م.

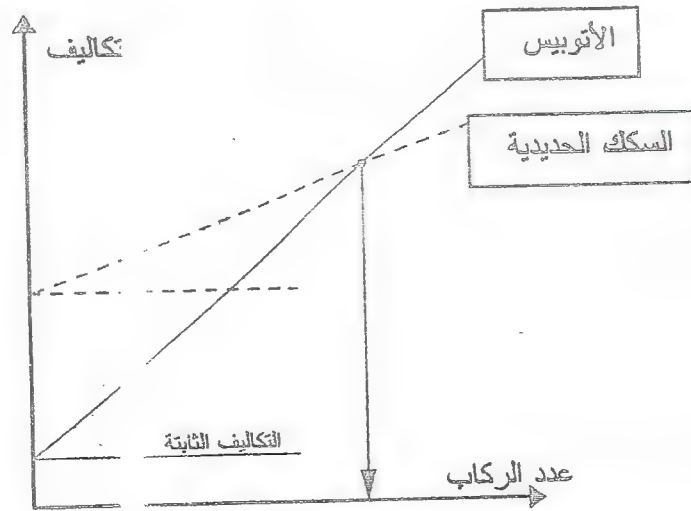
Transport Costs

٣-٦ تكاليف النقل

يمكن إيجاز التكاليف اللازمة للنقل العام فيما يلى :

- تكاليف رأسمالية (تكاليف الإنشاء + تكاليف شراء وحدات السير)، وهى تكاليف ثابتة
- مصاريف التشغيل (الأجور + استهلاك الطاقة + الصيانة + الإهلاك)، وهى تكاليف متغيرة تتوقف على حجم الحركة لخدمات نقل الركاب الفعلية

شكل ٦ يقارن بين التكاليف الكلية للنقل بالأتوبيس ووسائل النقل الحديدية (أيضاً داخل المدن)



شكل ٦: العلاقة بين التكاليف الكلية وأعداد الركاب

ملحوظة

- رر معين، تكاليف النقل بوسائل النقل الحديدية نقل عن أليف النقل بالأتوبيس، إذا كان حجم النقل (عدد الركاب) على هذا المحور أكبر من حد معين.

Underground and Light Rail (Urban Metro)

- أولاً- مترو الإنفاق = Metro = underground = subway
- يحتاج تنفيذ مترو الإنفاق لفترات زمنية طويلة للتخطيط والإنشاء.
 - لا يمكن البدء في تشغيل مترو الإنفاق بعد الإنتهاء من المراحل الأولى للإنشاء، إذ يحتاج الأمر لإنشاء أطوال كبيرة من النفق قبل البدء في التشغيل.
 - يحتاج إنشاء مترو الإنفاق لأعمال إنشائية ضخمة تحت سطح الأرض، وعند المحطات من الضروري إنشاء أكثر من طابق.
 - عند إنشاء الإنفاق تحت سطح المياه الجوفية، يتطلب الأمر العزل البيتوميني للنفق، وفي أغلب الأحيان تكون هناك حاجة إلى نظام تصريف للمياه الجوفية المتسربة.

ثانياً - المترو الحضري Light rail = Urban Metro وهو يعتبر ترام حداثي

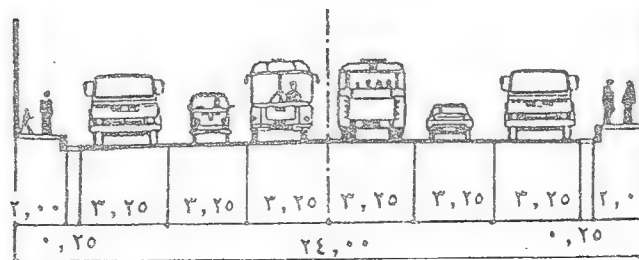
- يستخدم في هذا النظام وحدات ذات سعة عالية تتحرك في مسار معزول عن حركة المرور.
- وحدات المترو الحضري ذات عجلة تسارع وعجلة تباطؤ كبيرة.
- لا يتطلب نظام المترو الحضري أن يكون مساره دائماً داخل نفق فقد يكون المسار سطحياً أو على كوبري.
- لتطوير نظام ترام (على سبيل المثال) ليصبح مترو حضري يمكن تنفيذ المسار المعزول أولاً بمناطق الاختناقات، ثم يستكمل بعد ذلك على مراحل كلما سمحت الظروف بذلك.

٧- مرافق النقل العام

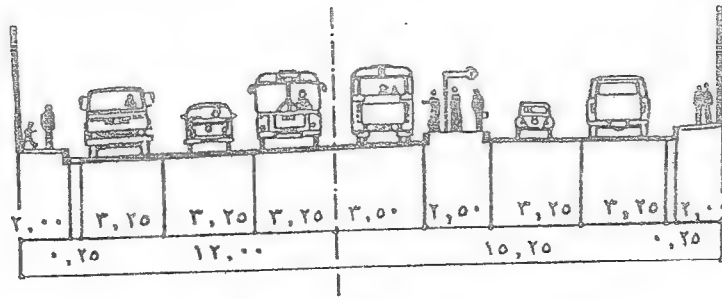
Cross Sections of Tracks of Public Transport Modes

١-٧ الطريق (شكل ٧)

(أ) الأتوبيس

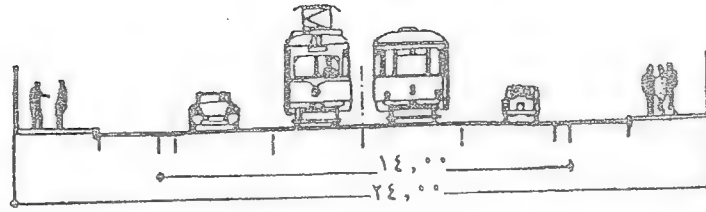


شكل ٧-١: قطاع عرضي لطريق في منتصفه حارة للأتوبيس فقط لكل اتجاه

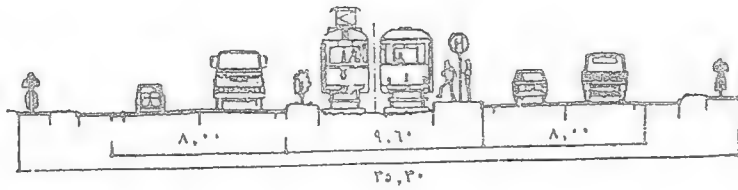


شكل ٧-ب: قطاع عرضي للطريق السابق عند محطة ادريس

(ب) الترام

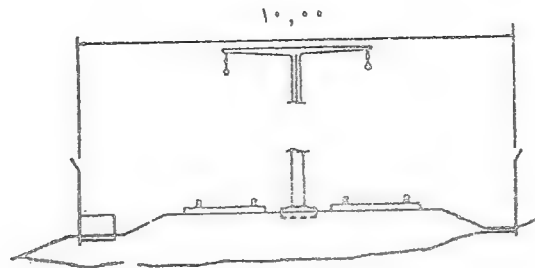


شكل ٧-ج: قطاع عرضي لطريق في منتصفه حارة للترام لكل اتجاه

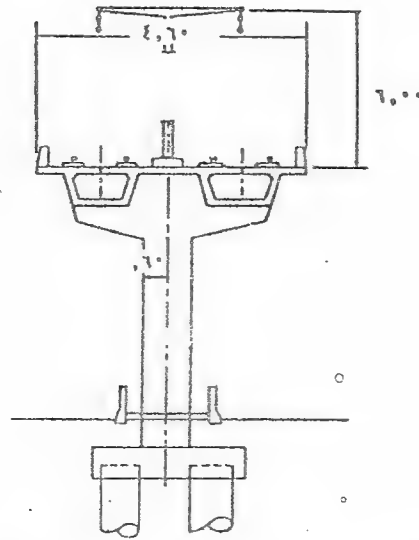


شكل ٧-د: قطاع عرضي لطريق في منتصفه ترام معزول المسار (عند محطة)

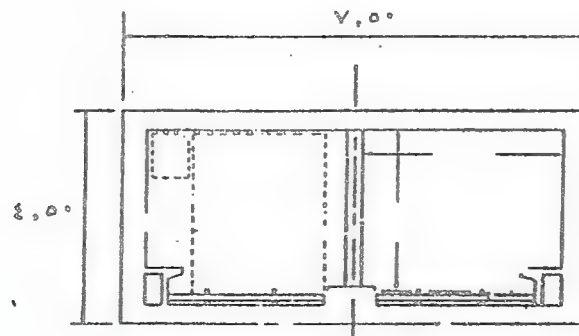
(ج) السكك الحديدية



شكل ٧-ه: قطاع عرضي لخط سكة حديد كهربائي مزدوج على جسر



شكل ٧- و: قطاعات لكباري النقل العام



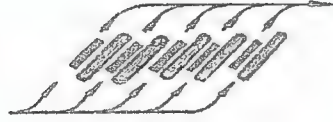
شكل ٧ - ذ: قطاع عرضي لنفق

Stations

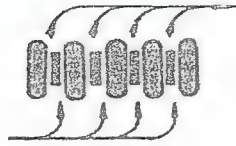
(١) محطات الأتوبيس



أرصفة أفقية



أرصفة مائلة



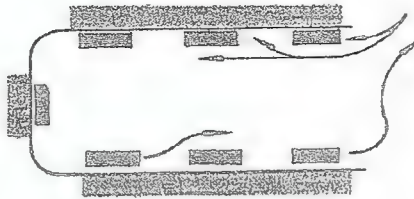
أرصفة رأسية



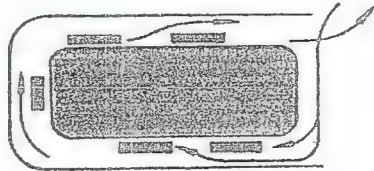
أرصفة جانبية مائلة



محطة صندوقية



محطة داخلية - أرصفة جانبية



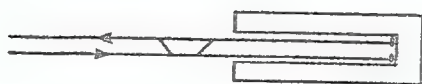
محطة داخلية - رصيف متوسط

شكل ٨ - أ: نماذج محطات الأتوبيس النهائية

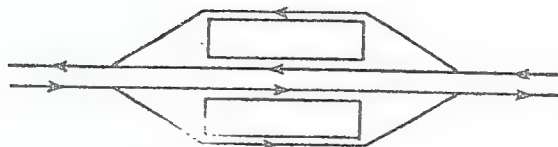
محطات متوسطة

محطات نهائية

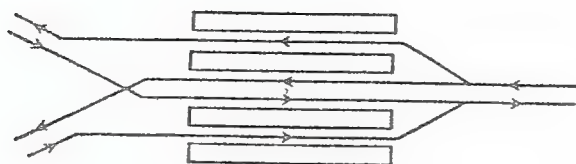
(ب) محطات الترام



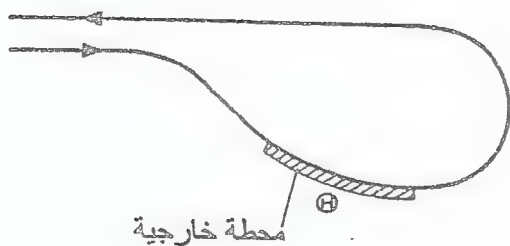
محطة نهائية



محطة متوسطة

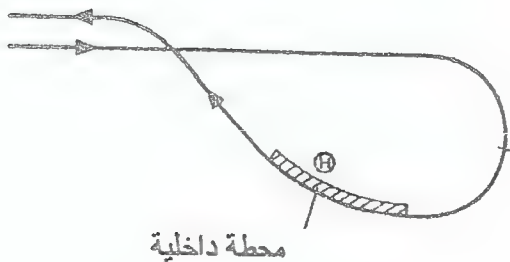


محطة تفرع



محطة خارجية

صينية دوران



محطة داخلية

شكل ٨ - ب: نماذج محطات الترام

Principles of the Operation

٨ - ١ تعاريف

✓ سعة الخط Line Capacity: أقصى عدد من وحدات النقل التي يمكن أن تتحرك على الخط في كل اتجاه خلال فترة زمنية محددة (وحدة نقل/الساعة لكل اتجاه) ، أو أقصى عدد من الركاب يمكن نقله في كل اتجاه خلال فترة زمنية محددة (راكب/الساعة لكل اتجاه).

✓ فترة التقاطر (شكل ٩ - أ) Headway: الفترة الزمنية بين وصول وحدتين نقل متتائيتين في اتجاه واحد عند نقطة معينة على نفس الخط (دقيقة).

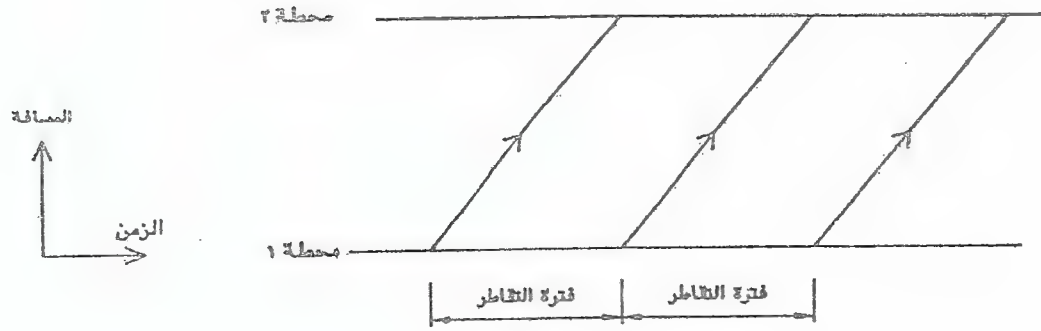
✓ دورة وحدة النقل (شكل ٩ - ب) Round-Trip Time: الفترة الزمنية منذ وصول وحدة النقل لإحدى المحطات النهائية ووصولها إلى ذات المحطة مرة أخرى (دقيقة).

زمن الرحلة Journey Time: الزمن الذي يقطعه الراكب من المصدر إلى الهدف أخذاً في الاعتبار:

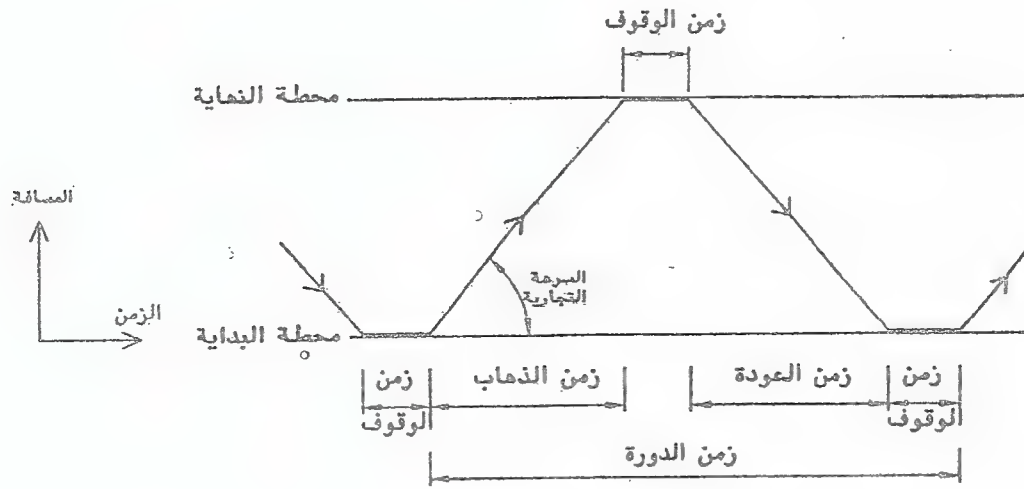
- أزمدة المسير على الأقدام من المصدر إلى محطة النقل العام
- أزمدة الإنتظار عند محطة النقل العام
- زمن تغيير وسيلة النقل أثناء الرحلة (إن حدث ذلك)
- الزمن الذي يكون الراكب فيه داخل وسيلة النقل أثناء الرحلة
- أزمدة المسير على الأقدام من محطة النقل العام إلى الهدف

السرعة: (شكل ١٠) يمكن التمييز بين

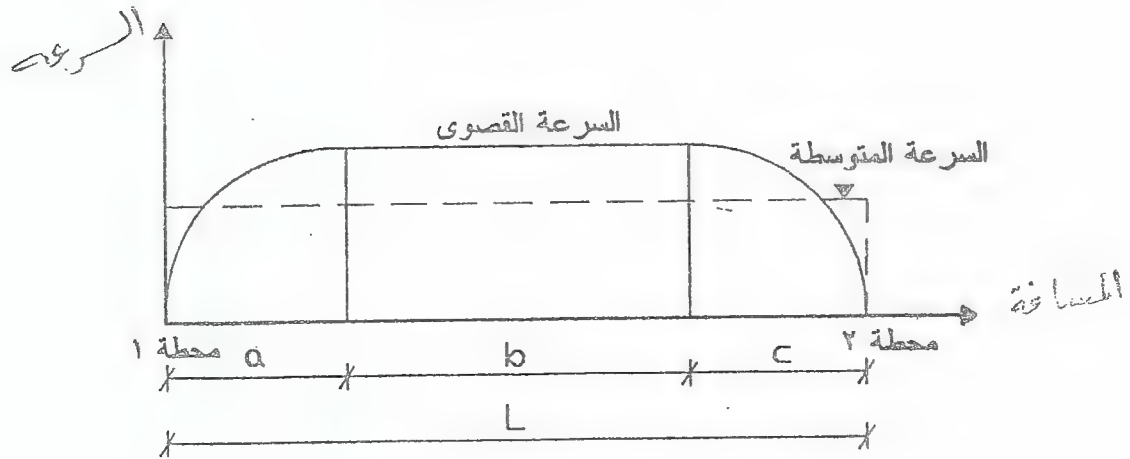
- السرعة التجارية Commercial Speed: مسافة الرحلة كاملة ÷ زمن الرحلة (بما في ذلك زمن الوقوف في المحطات المتوسطة)
- سرعة المسير المتوسطة بين محطتين Average Speed: المسافة بين محطتين ÷ زمن قطع وسيلة النقل للمسافة بين المحطتين
- السرعة القصوى Maximum Speed: أقصى سرعة يمكن الوصول إليها على خط نو تخطيط هندسي محدد بوسيلة نقل محددة القدرة والمواصفات والحمولة
- السرعة التصميمية Design Speed: السرعة التي تم بناء عليها وضع التخطيط الهندسي للمسار (مثل: الانحدارات، أنصاف أقطار المنحنيات الأفقية والرأسية)، وتحدد بمعلومية خصائص وحدات النقل المستعملة، أهمية الخط، المسافة بين المحطات.



شكل ٩- أ: فترة التقاطر



شكل ٩- ب: زمن الدورة



شكل ١٠ : العلاقة بين المسافة والسرعة بين المحطتين

حيث a = مسافة التسارع b = مسافة السير بسرعة منتظمة c = مسافة الفرامل L = المسافة بين المحطة ١ والمحطة ٢

ب- التحكم بنظام البلوك

- استخدام قطارات ذات سعة أكبر
 - زيادة المسافة بين المحطات مع وضع إشارات متوسطة بين المحطات لتقليل طول قسم البلوك
 - غلق المزلقات إن وجدت
 - كهربة الخط واستخدام وحدات سير كهربائية ذات قدرة محرك عالية (إذا ما كان التشغيل الحالى ميكانيكياً)
 - التشغيل الأتوماتيكي للتفرعات
 - استخدام نظام البلوك الأتوماتيكي ذو التحكم المركزي
 - ازدواج الخطوط المفردة
 - تحسين التخطيط الهندسي للمسار (زيادة إنصاف الأقطار، على سبيل المثال)
مدى الانتفاع من سعة الخط
- حساب درجة مشغولية الخطوط
- The line Load Factor (Utilization Factor)
- درجة المشغولية = (متوسط المشغولية الفعلية ÷ السعة) × ١٠٠ (%)

مثال

خط أتوبيس يقع عليه محطات، يتحرك عليه أتوبيسات، سعة الأتوبيس ١٠٠ راكب بفترة تقاطر ١٠ دقائق، أحسب درجة المشغولية في أحد الاتجاهات إذا علم أن أعداد الركاب في الساعة صعوداً وهبوطاً عند كل محطة في هذا الإتجاه كان كما يلي :

المحطة	صعود	هبوط
١	٥٠٠	-
٢	٢٠٠	١٠٠
٣	٣٠٠	٤٠٠
٤	١٠٠	٢٠٠
٥	-	٤٠٠

الحل

المشغولية بين المحطة ١ ، ٢ = ٥٠٠ راكب/الساعة/الإتجاه

بين المحطة ٢ ، ٣ = ٦٠٠

بين المحطة ٣ ، ٤ = ٥٠٠

بين المحطة ٤ ، ٥ = ٤٠٠

متوسط المشغولية = $(٤٠٠ + ٥٠٠ + ٦٠٠ + ٥٠٠) ÷ ٤ = ٥٠٠$ راكب/الساعة/الإتجاه

السعة = $(١٠٠ × ٦٠) ÷ ١٠ = ٦٠٠$ راكب/الساعة/الإتجاه

درجة المشغولية = $(٦٠٠ ÷ ٥٠٠) × ١٠٠ = ٨٣,٣\%$

Public Transport Capability

يمكن تعريف قدرة نظام النقل بأنه أقصى عدد من الكيلومترات المقطوعة بنظام نقل معين، وفقاً لظروف تشغيل معينة، خلال فترة محددة (وحدة سير. كم / فترة زمنية معينة) ويمكن التمييز بين:

- القدرة النقلية الإسمية: سعة وحدة النقل (راكب) \times عدد وحدات النقل \times الكيلومترات المطلوب قطعها في اليوم أو الشهر أو العام
- القدرة النقلية الفعلية: (نتيجة التشغيل الفعلي) راكب. كم في اليوم أو الشهر أو العام على جميع وحدات النقل العاملة

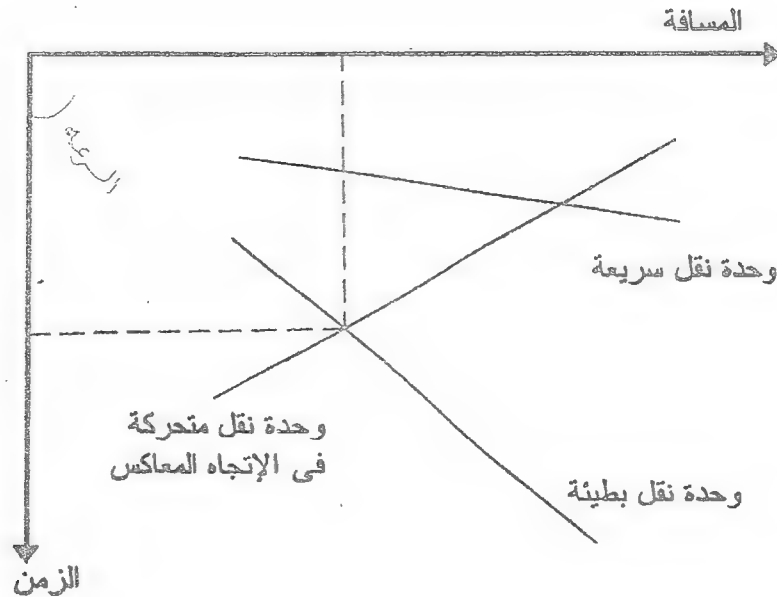
وعلى ذلك تكون

درجة الاستفادة من قدرة نظام نقل معين خلال فترة زمنية محددة = $\frac{\text{القدرة الفعلية}}{\text{القدرة الإسمية}} \times 100\%$

٤-٨ جداول المسير (شكل ١٢)

Timetables

العلاقة بين المسافة والزمن لجميع وحدات النقل المتحركة على خط معين بين المحطات المختلفة.



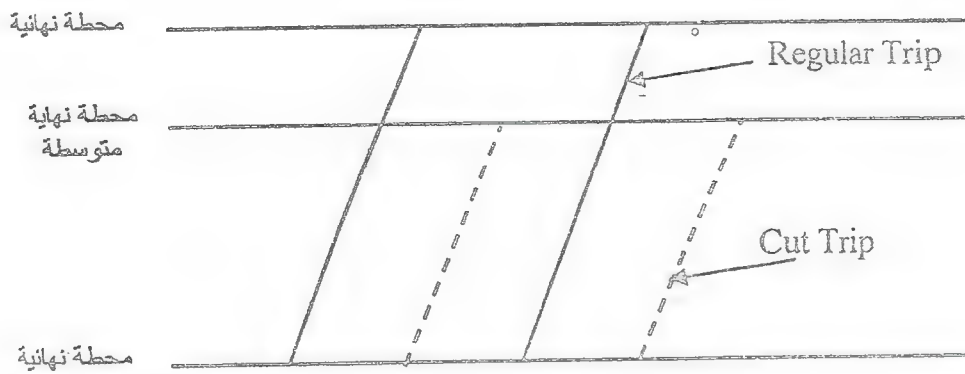
شكل ١٢: العلاقة بين المسافة والزمن

Economic Operation on Public Transport Axes

في حالة ملاحظة وجود إنخفاض ملحوظ لأحجام النقل على أحد محاور النقل العام بعد محطة متوسطة معينة وإستمرار هذا الإنخفاض حتى نهاية الخط، يمكن إتباع إحدى الطريقتين الآتيتين للحصول على تشغيل إقتصادي:

- زيادة فترة التقاطر بعد هذه المحطة (إنهاء مسير بعض وحدات السير Cut Trips)
- تقليل عدد وحدات النقل بالقطار قبل وصولها لنهاية المحور، وذلك في حالات الترام ومترو الأنفاق وسكك حديد الضواحي.

شكل رقم ١٣ يوضح الفرق بين Cut & Regular Trips



شكل ١٣ : Cut & Regular Trips

معامل الأمان عند حساب أحجام النقل التصميمية

- خلال ساعة الذروة
حجم النقل التصميمي = $1,65 \times$ أقصى حجم نقل نتيجة العد
- خارج ساعة الذروة:
حجم النقل التصميمي = $2 \times$ أقصى حجم نقل نتيجة العد
- خلال ساعات التشغيل الليلي
لكل راكب مقعد

مثال

على إحدى خطوط الأتوبيسات، وجد أن أقصى حجم مرور في ساعات الذروة ١٠٠٠ راكب/الساعة/الإتجاه، وخارج ساعات الذروة ٤٠٠ راكب/الساعة/الإتجاه، وخلال ساعات التشغيل الليلي ١٠٠ راكب/الساعة/الإتجاه، أحسب فترات التقاطر إذا علم أن سعة الأتوبيس (١٠٠ راكب) ٤٠ مقعد و ٦٠ مكان وقوف.

الحل

$$\begin{aligned} \text{فترة التقاطر في ساعة الذروة} &= (100 \times 60) \div (1,65 \times 1000) = 3,6 \text{ دقيقة} \\ \text{فترة التقاطر في خارج ساعات الذروة} &= (100 \times 60) \div (2 \times 1000) = 3 \text{ دقيقة} \\ \text{فترة التقاطر في ساعات التشغيل الليلي} &= (100 \times 60) \div (40 \times 60) = 2,5 \text{ دقيقة} \end{aligned}$$

ملحوظة

يجب مراعاة توفير حوالي ١٠% من متوسط أعداد وحدات النقل العام اللازم تشغيلها يومياً على كل خط كاحتياطي.

$$\frac{60 \times 100}{1000}$$

$$\frac{100 \times 60}{1000} = 1,65$$

احسب عدد الركاب
في الساعة

$$\frac{100 \times 60}{2 \times 1000}$$

$$\frac{40 \times 60}{1 \times 1000}$$

ساعات الأتوبيس

$$\frac{100 \times 60}{1,65 \times 1000}$$

خط ترام، المسافة بين كل محطة وأخرى على المسار ١,٠ كم، السرعة التجارية ٢٤ كم/ الساعة، زمن الانتظار بكل محطة نهائية ٥ دقائق، سعة الترام ٢٣٠ راكب. أعداد الركاب في الساعة صعوداً وهبوطاً خارج ساعة الذروة موضحة بالجدول التالي:

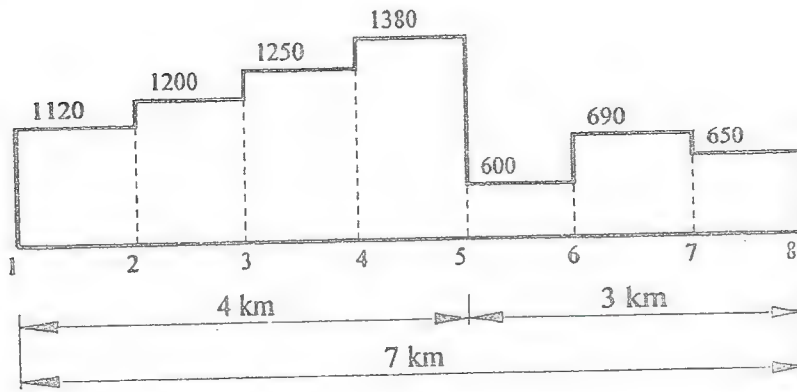
المحطة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
صعود	١١٢٠	٤٠٠	٥٠٠	٣٠٠	١١٠	١٠٠	—
هبوط	—	٣٢٠	٤٥٠	١٧٠	٨٩٠	١٠	٤٠

المطلوب: تحديد ثلاث أساليب تشغيل مختلفة على هذا الخط، قارن بين هذه الأساليب من حيث (١) فترة التقاطر (٢) أعداد وحدات السير اللازمة (٣) إجمالي وحدة سير. كم في الساعة لكل إتجاه.

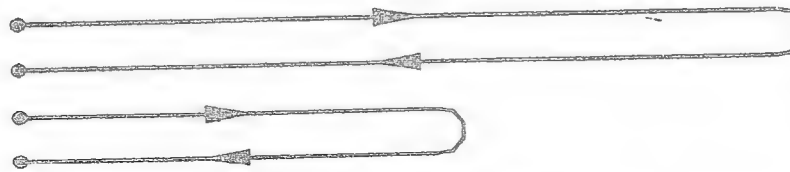
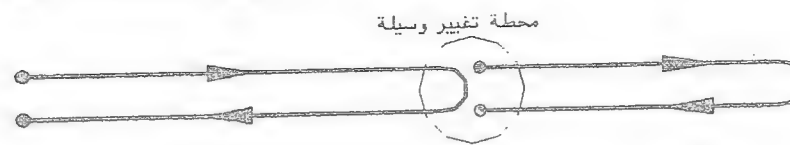
$$\frac{230 \times 60}{2 \times}$$

الحل

مشغولية الترام بين كل محطة وأخرى (راكب/الساعة خارج ساعة الذروة)



المشغولية

الاسلوب الاول
Regular Tripsالاسلوب الثاني
Regular Trips + Cut Tripsالاسلوب الثالث
Cut Trips

الأسلوب الأول: تشغيل الترام بنظام Regular Trips بين المحطتين ١ - ٨

$$\text{فترة التقاطر} = 60 \times \frac{230}{2 \times 1380} = 5 \text{ دقائق}$$

$$\text{زمن الدورة} = 2 \times (5 + (24 \div 60 \times 7)) = 45 \text{ دقيقة}$$

$$\text{عدد الوحدات اللازمة} = 5 \div 45 = 9 + 1 = 10 \text{ وحدات ترام}$$

$$\text{وحدة سير. كم} = 60 \times 7 \div 5 = 84 \text{ وحدة سير. كم في الساعة لكل إتجاه}$$

$$= \frac{60}{230} \times \text{طول الخط}$$

الأسلوب الثاني: تشغيل الترام بنظام Regular Trips بين المحطتين ١ - ٨ ونظام Cut

Trips بين المحطتين ١ - ٥

أولاً- نظام Cut Trips بين المحطتين ١ - ٥

$$\text{حجم الحركة} = 690 \text{ راكب/الساعة} = 1380 - 690$$

$$\text{فترة التقاطر} = 60 \times \frac{230}{2 \times 690} = 10 \text{ دقائق}$$

$$\text{زمن الدورة} = 2 \times (5 + (24 \div 60 \times 4)) = 30 \text{ دقيقة}$$

$$\text{عدد الوحدات اللازمة} = 30 \div 10 = 3 + 1 = 4 \text{ وحدات ترام}$$

$$\text{وحدة سير. كم} = 60 \times 4 \div 10 = 24 \text{ وحدة سير. كم في الساعة لكل إتجاه}$$

ثانياً- نظام Regular Trips بين المحطتين ١ - ٨

$$\text{حجم الحركة} = 690 \text{ راكب في الساعة}$$

$$\text{فترة التقاطر} = 60 \times \frac{230}{2 \times 690} = 10 \text{ دقائق}$$

$$\text{زمن الدورة} = 2 \times (5 + (24 \div 60 \times 7)) = 45 \text{ دقيقة}$$

$$\text{عدد الوحدات اللازمة} = 45 \div 10 = 5 + 1 = 6 \text{ وحدات ترام}$$

$$\text{وحدة سير. كم} = 60 \times 7 \div 10 = 42 \text{ وحدة سير. كم في الساعة لكل إتجاه}$$

الإجمالي

$$\text{عدد الوحدات اللازمة} = 4 + 6 = 10 \text{ وحدات ترام}$$

$$\text{وحدة سير. كم} = 24 + 42 = 66 \text{ وحدة سير. كم في الساعة لكل إتجاه}$$

الأسلوب الثالث: تشغيل الترام بنظام Cut Trips بين المحطتين ١ - ٥ ونظام Cut Trips

بين المحطتين ٥ - ٨

أولاً- نظام Cut Trips بين المحطتين ١ - ٥

$$\text{حجم الحركة} = 1380 \text{ راكب في الساعة}$$

$$\text{فترة التقاطر} = 60 \times \frac{230}{2 \times 1380} = 5 \text{ دقائق}$$

$$\text{زمن الدورة} = 2 \times (5 + (24 \div 60 \times 4)) = 30 \text{ دقيقة}$$

$$\text{عدد الوحدات اللازمة} = 30 \div 5 = 6 + 1 = 7 \text{ وحدات ترام}$$

$$\text{وحدة سير. كم} = 60 \times 7 \div 5 = 84 \text{ وحدة سير. كم في الساعة لكل إتجاه}$$

حجم الحركة = ٦٩٠ راكب في الساعة

فترة التقاطر = $٦٠ \times ٢٣٠ \div (٢ \times ٦٩٠) = ١٠$ دقائق

زمن الدورة = $٢ \times (٥ + (٢٤ \div ٦٠ \times ٣)) = ٢٥$ دقيقة

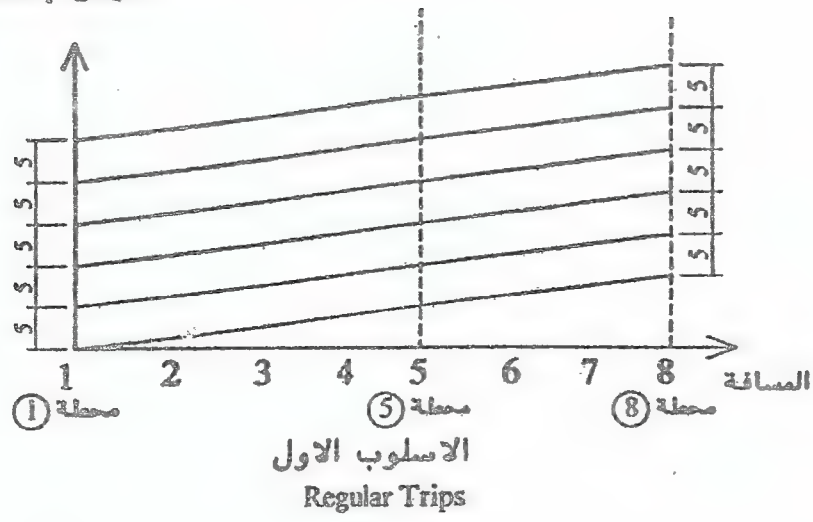
عدد الوحدات اللازمة = $١٠ \div ٢٥ = ٣ + ١$ احتياطي = ٤ وحدات ترام

وحدة سير كم = $٦٠ \times ٣ \div ١٠ = ١٨$ وحدة سير كم في الساعة لكل إتجاه

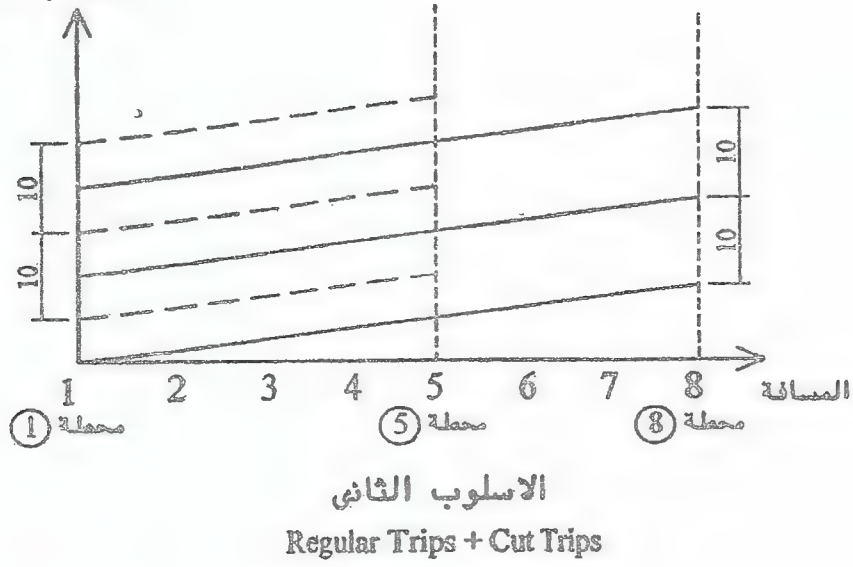
الإجمالي

عدد الوحدات اللازمة = $٧ + ٤ = ١١$ وحدات ترام

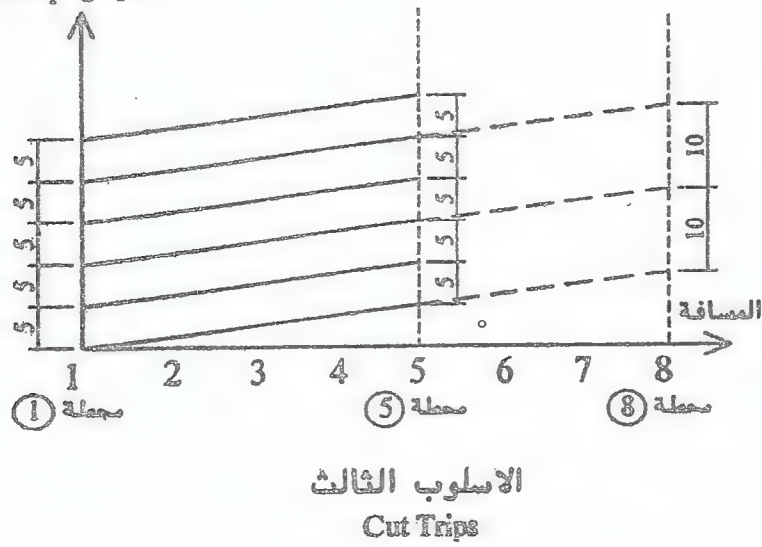
وحدة سير كم = $\frac{٤}{٤٨} + ١٨ = ١٨,٠٨$ وحدة سير كم في الساعة لكل إتجاه



الزمن بالدقيقة



الزمن بالدقيقة



١. المطلوب تشغيل خط ترام لربط منطقة سكنية (١٠٠ ألف نسمة) بوسط المدينة. فإذا علم أن سعة الترام ٣٠٠ راكب، وأن المواطن يقطع ١,٥ رحلة في اليوم إلى وسط المدينة، وأن نسبة استخدام الترام ٥٠ % من الرحلات اليومية، وأن أعداد الرحلات في ساعة الذروة ١٠ % من أعداد الرحلات اليومية، إحسب زمن التقاطر ساعة الذروة.

٢. يراد إنشاء مستوطنة سكنية عند نهاية خط ترام يربطها بوسط المدينة كوسيلة النقل العام الوحيدة. أحسب عدد سكان المستوطنة المطلوب إعداد التخطيط العمراني على أساسه، بفرض أن عدد رحلات المواطنين ٠,٨ رحلة/مواطن/اليوم، نسبة رحلات النقل العام ٣٥ %، سعة الترام ٣٥٠ راكب، حجم النقلات ساعة الذروة ١٠ % من الحجم اليومي، وفترة التقاطر ساعة الذروة ٣ دقائق.

٣. خط سكة حديد مزدوج، يتراوح زمن قطع القطارات لأقسام البلوك المختلفة عليه بين ١٠ - ١٥ دقيقة. إحسب سعة الخط.

٤. أحسب السعة القصوى لخط مترو مزدوج يتم تشغيله أوتوماتيكياً، وتتحرك عليه القطارات بسرعة متوسطة ٣٥ كم / الساعة. إذا علم أن طول القطار ١٨٠ متر، مسافات الأمان الآزمة = ٢٠٠ متر، مسافة الفرملة = ١٠٠٠ متر.

٥. إذا علم توزيع حركة الركاب (صعود ونزول) عند كل محطة لخط أتوبيس خلال ساعة الذروة كانت ما يلي:

المحطة	١	٢	٣	٤	٥
صعود	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	١٠٠	٢٠٠
نزول	-	٥٠	١٥٠	-	١٥٠

درجة التشغيل

خصص لهذا الخط ٤ وحدات أتوبيس سعة الأتوبيس الواحد ١٠٠ راكب، زمن التقاطر ١٢,٥ دقيقة. إحسب مدى الانتفاع من السعة.

٦. خط ترام طوله ١٠ كم ، سرعة المسير التجارية = ٢٥ كم/الساعة، زمن الانتظار والدوران بكل محطة نهائية = ٧ دقائق. إحسب سعة الخط القصوى وعدد وحدات الترام اللازم توافرها في حالة تشغيل الخط بفترة تقاطر ٣ دقائق، بوحدات ترام سعة ١٥٠ مكان جلوس و ٥٠ مكان وقوف. إحسب أيضاً فترات التقاطر لتشغيل الخط في أحد أيام الأسبوع، إذا علم أن عدد الركاب وفقاً للعدد الفعلي كان على النحو التالي: في ساعة الذروة ٧٢٥٠ راكب/الساعة/الإتجاه، في خارج ساعة الذروة ٢٥٠٠ راكب/الساعة/الإتجاه، ليلاً = ٨٠٠ راكب/الساعة/الإتجاه

(٧) خط ترام طوله ١٠ كم، السرعة التجارية عالية ١٥ كم/الساعة، تتحرك عليه وحدات ترام سعة ٢٥٠ راكب، يحوى الخط ٦ محطات متوسطة. تم عد أعداد الركاب عند بعض المحطات ساعة الذروة فكانت كما يلى:

المحطة	صعود	هبوط
١	٢٠٠٠	-
٢	٢٠٠٠	١٠٠٠
٣	١٥٠٠	٥٠٠
٤	١٢٠٠	-
٥	-	٧٠٠
٦	٣٠٠٠	٢٥٠٠
٧	١٥٠٠	٥٠٠

أحسب درجة المشغولية بين المحطات المختلفة للخط، وكذلك أعداد وحدات الترام التي توافرها، إذا تم التشغيل بفترة تقاطر ٣ دقائق خلال ساعة الذروة. أحسب أيضاً أعداد الركاب الترام اللازم توافرها خارج ساعات الذروة إذا علم حجم الحركة يقدر بحوالى ٣٥% من حجم ساعة الذروة، افرض أن الزمن اللازم للوقوف بكل محطة نهائية ٥ دقائق ساعة الذروة وخارجها.

(٨) على أحد خطوط الأتوبيس وجد أن متوسط حجم الحركة خلال ساعات التشغيل يلى ١٠٠ راكب / الساعة / الاتجاه. أحسب فترة التقاطر وأعداد الأتوبيسات اللازمة ليلاً، إذا علم أن سعة الأتوبيس ٤٥ مقعد بالإضافة إلى ٥٥ مكان وقوف، وأن زمن الدورة ٦٥ دقيقة.

(٩) خط أتوبيس، المسافة بين كل محطة وأخرى على المسار ١,٥ كم، السرعة التجارية ١٨ كم/الساعة، زمن الإنتظار بكل محطة نهائية ٥ دقائق. أعداد الركاب (التصميمية) هبوطاً وهبوطاً فى ساعة الذروة موضحة بالجدول التالى:

المحطة	١	٢	٣	٤	٥
صعود	١٥٠	١٥٥	٢٢٠	١٠٩	٧
هبوط	صفر	١٠٠	١١٥	١٠	٢٨٠

المطلوب:

أولاً: تحديد ثلاث أساليب تشغيل مختلفة على هذا الخط، وقارن بينها من حيث: (١) أعداد وحدات السير اللازمة، (٢) إجمالى وحدة سير. كم لكل إتجاه، وذلك فى حالة تشغيل أتوبيسات سعة ٤٥ راكب.

ثانياً: ارسم كروكى متقن لجدول المسير للبدائل الثلاث

سجارية ٢٥ كم/الساعة، زمن الانتظار بكل محطة نهائية ٨ دقائق. أعداد الركاب (التصميمية) صعوداً وهبوطاً في الساعة موضحة بالجدول التالي:

المحطة	١	٢	٣	٤	٥	٦
صعود	٥٠٠	٦٠٠	٢٠٠٠	٣٠٠	٤٥٠	٢٠٠
هبوط	صفر	٢٠٠	١٤٠٠	٤٠٠	٩٥٠	٥٠٠

المطلوب:

أولاً: احسب فترة التقاطر لتشغيل أتوبيسات سعة ١٠٠ راكب على طول، إرسم كروكي متقن لجدول المسير

ثانياً: يراد تشغيل أتوبيسات سعة ١٢٠ راكب على طول المسار، وكذلك ميني باص سعة ٤٠ راكب بين المحطات ١ - ٥. احسب فترات التقاطر وأعداد الأتوبيسات والميني باص اللازمة. إرسم كروكي لجدول المسير لكل من الأتوبيس والميني باص.

الباب الثالث

تخطيط النقل والبيئة

تخطيط النقل والبيئة

The Transportation Planning and the Environment

١- مقدمة

البيئة التى نعيش فيها نظام مركب، مكوناته مرتبطة بعضها البعض، "الأرض - الماء - الهواء" هى موارد الإنسان الأساسية، تستعمل وتستهلك لأغراض الحياة المختلفة (فى الإسكان، الصناعية، الزراعية، والنقل) ثم يعاد تقيتها وإستخدامها مرة أخرى فى نفس الأغراض.

ولما كان من المستحيل زيادة هذه الموارد، أصبح من الضرورى أن يكون لدينا وعياً كافياً بالنسبة للبيئة، نحافظ عليها ونعيد إصلاح ما نفسده منها.

يحتاج الإنسان إلى التنقل، سواء كان ذلك برياً أو مائياً أو جويّاً، فالنقل أساس التطور الاقتصادى. ولما كان النقل والإقتصاد عاملان متلازمان، فإن أحجام النقل تزداد زيادة سريعة بكافة دول العالم مع إرتفاع مستوى المعيشة. يؤثر ذلك سلبياً على البيئة نتيجة الضوضاء والعوادم.

ومع التطور الإقتصادى المستمر، تزداد ملكية السيارات وإستخدامها، فتزداد أعداد الحوادث ويقل الأمان المرورى، بالإضافة إلى القلق والخوف من وقوع حوادث مرورية فى أى وقت والذي قد يشعر به الإنسان، سواء كمشاه أو راكب سيارات. كما تتعرض المدن للتلوث البصرى الناتج عن الإختناقات المرورية والإنتظار العشوائى للسيارات وكذلك منظر الكبارى العلوية التى قد تنسأ (إعتقاداً أنها تحل مشاكل المرور). وبذلك تفقد المدن طابعها المميز، والهدف الحضرى من نشأتها، وهو أن يعيش فيها الإنسان ويسكن إليها للراحة والهدوء.

كما أن للسيارة الخاصة آثار سلبية أيضاً على الإقتصاد القومى (بخلاف تكاليف الحوادث)، فقيمة الوقود والزمن المفقودة أمام إشارات المرور وعند الإختناقات المرورية دون إستفادة حقيقية منها يزيد من سعر السلعة المنقولة، على سبيل المثال فالسلعة التى تباع بجنيه واحد قد يصل سعرها

الحقيقى إلى ٦ جنيهات، إذا أخذ فى الإعتبار تكاليف معالجة تلوث البيئة. بتعبير آخر فإن المجتمع بأسره يقوم بتدعيم أسعار السلع المنقولة على الطرق.

وعلى الرغم من هذه المشاكل، فإن السيارة لا تستخدم داخل المدن إلا لفترات قليلة فى اليوم (قد لا تتجاوز ساعة ونصف فى المتوسط)، وباقى الوقت فى جراجات أو ساحات إنتظار.

ولما كان زيادة أحجام النقل من جهة وحماية البيئة من جهة أخرى مشكلة متناقضة ليس السهل الوصول لحل لها، فإن ذلك يتطلب تفهماً صحيحاً للعلاقة بين الزيادة المرغوب فيها لأحجام المرور والهدف المنشود من أى تخطيط وهو المحافظة على البيئة من التلوث.

٢- الضوضاء

تتولد ضوضاء نتيجة حركة وسائل النقل، سواء على الطرق، أو على الخطوط الحديدية، أو بالمناطق التى تتواجد بها مطارات، وذلك نتيجة حركة المحركات والأجزاء المتحركة، أو أثناء خروج العوادم، وأيضاً نتيجة الاحتكاك بين العجل والطريق. وإذا وصلت الضوضاء إلى حد الإزعاج، فإن ذلك يؤثر تأثيراً ضاراً على الصحة العامة، على خلايا المخ والجهاز السمعى والعصبى، كما أن الإزعاج يعوق شفاء المرضى، وربما يعرض حياتهم للخطر.

تقاس شدة الضوضاء بأجهزة كهربائية، أصبحت اليوم بسيطة للغاية، وذلك بوحدات الديسيبل dB (A)، وللإحساس بهذه الوحدة نعرض الأمثلة التالية:

مصدر الضوضاء	قيمة ضوضاء (بالديسيبل)	شدة الضوضاء
تصفح جريدة	٢٠	أمان
محادثة	٤٠	
رنين تليفون	٦٠	محتمل
آلة كاتبة	٧٠	
حركة المرور	٨٠	
ترام	٩٠	إزعاج
دراجة بخارية	١٠٠	
دق خوازيق	١١٠	
طائرة جيت	١٦٠ - ١١٠	خطر
ورش سباكة	١٦٥ - ١٢	

١-٢ شدة الضوضاء

$$L = 10 \times \log (I \div I_0) \text{ dB (A)}$$

حيث

L = شدة الضوضاء بوحدات الديسيبل

I = ضغط الضوضاء بوحدات (وات / م^٢)

I_0 = ضغط الضوضاء الطبيعي للسمع (١٠^{-١٢} وات / م^٢)

ملحوظة

إذا كانت أقصى قيمة لضغط الضوضاء التي يمكن أن يتحملها الإنسان = ١ وات / م^٢، فإن أقصى قيمة لشدة الضوضاء التي يمكن تحملها

$$L = 10 \times \log (1 \div 10^{-12}) = 10 \times \log 12 = 120 \text{ dB (A)}$$

القيمة المتوسطة لشدة الضوضاء (شكل ١)

$$L_{eq} = (10 \div 3) \cdot q \cdot \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{\left(\frac{3L_i \div 10q}{10} \right)} \cdot t_i \right] \text{ dB (A)}$$

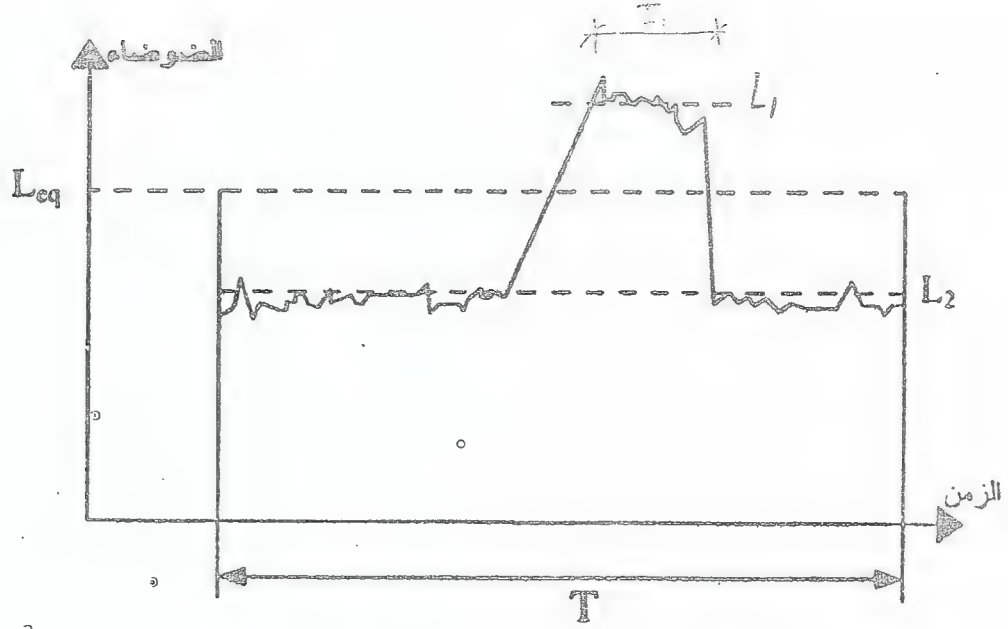
حيث:

L_{eq} = شدة الضوضاء المتوسطة خلال فترة زمنية T ، إذا تم قياس الضوضاء على فترات زمنية

عددها n

L_i = شدة الضوضاء خلال الفترة الزمنية t_i ($i = 1 \rightarrow n$)

q = الضوضاء الثابتة للمنطقة



شكل ١ : حساب شدة الضوضاء المتوسطة

مثال

$T = 1800''$ $t_1 = 10''$ $t_2 = T - t_1 = 1800 - 10 = 1790''$
 $L_1 = 80 \text{ dB(A)}$ $L_2 = 40 \text{ dB(A)}$ $q = 4 \text{ dB(A)}$

$$I_{eq} = (10 \div 3) \times 4 \times \log \left[1/1800 \sum 10^{(3L_i/10 \times 4)} \cdot t_i \right] \text{ dB(A)}$$

$$L_{eq} = 51 \text{ dB(A)}$$

تقدير شدة الضوضاء باستخدام النماذج الرياضية

يمكن تقدير تأثير الضوضاء الناتجة عن حركة المرور على طريق معين باستخدام نماذج رياضية، يتم معايرتها وفقاً للظروف الخاصة بمنطقة الدراسة، وكذلك حالة نوعيات وحدات السير التي تتسبب في الضوضاء. وفيما يلي عرض لأحد هذه النماذج:

متوسط شدة الضوضاء الأساسية الناتجة عن طريق حجم المرور عليه Q (وحدة سير في اليوم)، اليوم = ١٨ ساعة، وذلك على مبنى يبعد عن الطريق بمسافة ١٠ متر:

$$L(18h) = 28.1 + (10 \times \log Q) \quad \text{dB(A)}$$

متوسط شدة الضوضاء الأساسية في الساعة، الناتجة عن طريق حجم المرور عليه q وحدة سير في الساعة، وذلك على مبنى يبعد عن الطريق بمسافة ١٠ متر:

$$L(\text{hourly}) = 42.1 + (10 \times \log q) \quad \text{dB(A)}$$

المعادلات السابقة يمكن تطبيقها إذا كانت السرعة المتوسطة على الطريق (٧٥ كم / الساعة ونسبة النقل الثقيل صفر في المائة، أما إذا كانت السرعة المتوسطة ونسبة النقل الثقيل مختلفة عن هذه القيم فيمكن حساب قيمة التصحيح اللازمة على النحو التالي:

$$\text{Correction (1)} = 33 \log \{V + 40 + (500 \div V)\} + 10 \log \{1 + (5 \times P \div V)\} - 68.8 \quad \text{dB(A)}$$

حيث

V = سرعة المرور المتوسطة (كم / الساعة)

P = نسبة النقل الثقيل %

كما يمكن حساب شدة الضوضاء عند أي نقطة على مبنى يطل على مصدر الضوضاء (الطريق) باستخدام قيمة التصحيح التالية:

$$\text{Correction (2)} = 10 \log (d \div 13.5) \quad \text{dB(A)}$$

حيث

d = المسافة على المائل من مصدر الضوضاء إلى أي نقطة رأسية في مبنى يطل على الطريق.

هذا ويضاف إلى التصحيحات السابقة ما يسمى (بتصحيح الإنعكاس)، ويمثل تأثير الضوضاء الناتجة عن إنعكاس موجات الضوضاء الغير مباشرة وتبلغ قيمتها حوالي + ٢,٥ ديسيبل.

$$\text{Correction (3)} = + 2.5 \quad \text{dB(A)}$$

طريق حجم المرور اليومي عليه ١٥٠٠٠ وحدة سير، تترك بسرعة متوسطة ٦٠ كم / الساعة،
 احسب شدة الضوضاء المتوسطة عند نقطة على واجهة منزل يطل على الطريق ويبعد عنه
 بمسافة ٤٥ م، إذا علم أن نسبة النقل الثقيل ٤٠% وإن النقطة المطلوب حساب شدة الضوضاء
 عندها ترتفع بمسافة ٢ م عن مستوى الطريق.

$$L(18h) = 28.1 + 10 \log 15000 = 69.9 \text{ dB(A)}$$

$$\text{Correction (1)} = 33 \log \{60 + 40 + (500 \div 60)\} + 10 \log \{1 + (5 \times 40 \div 60)\} - 68.8 \\ = + 4.7 \text{ dB(A)}$$

$$\text{Correction (2)} = 10 \log (45.05 \div 13.5) = - 5.2 \text{ dB(A)}$$

$$\text{Correction (3)} = + 2.5 \text{ dB(A)}$$

$$L(18h) = 69.9 + 4.7 - 5.2 + 2.5 = 71.9 \text{ dB(A)}$$

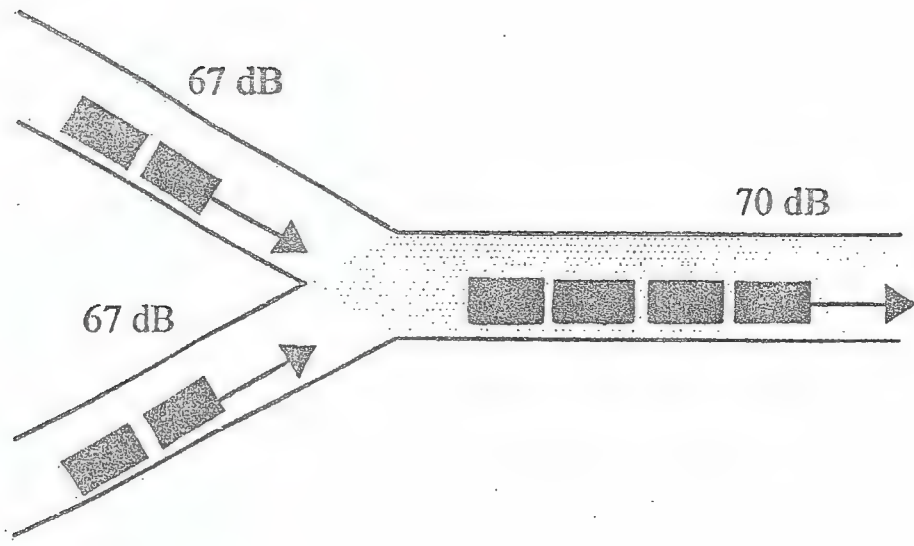
٢-٢ العوامل المؤثرة على شدة الضوضاء

- أولاً - حركة إنسياب المرور (حجم المرور - سرعة إنسياب المرور - تركيبة المرور - نسبة النقل الثقيل)
- ثانياً - موقع المباني المطلة على مصدر الضوضاء، وكذلك إرتفاع النقطة المطلوب حساب شدة الضوضاء عندها
- ثالثاً - نوع الرصف

أولاً- شدة الضوضاء وحركة إنسياب المرور

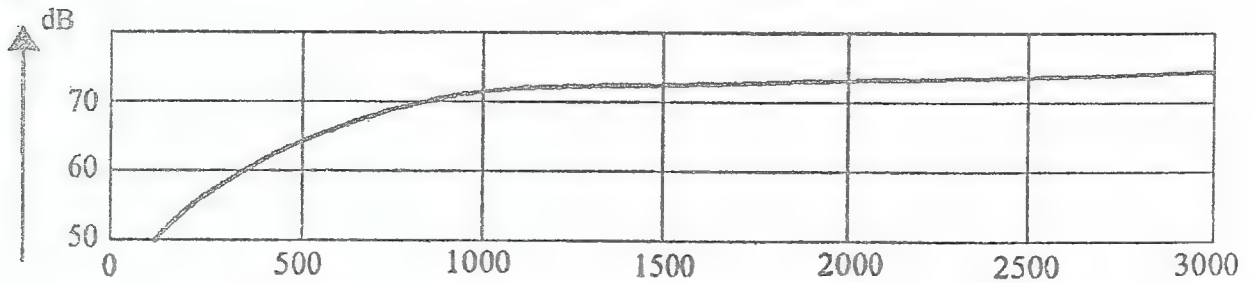
شكل رقم ٢ يوضح العلاقة بين حجم المرور وشدة الضوضاء (كمثال) ويلاحظ أن زيادة حجم المرور على طريق إلى الضعف يؤدي إلى زيادة قيمة الضوضاء بمقدار ٣ ديسيبل فقط.

إن قيم شدة الضوضاء لا تجمع، فزيادة عدد وحدات السير عشر مرات يتسبب في زيادة قيمة شدة الضوضاء بمقدار ١٠ ديسيبل. هذا وإذا إرتفعت قيمة شدة الضوضاء بمقدار ١٠ ديسيبل فإن إحساس الإنسان بالضوضاء يتضاعف.



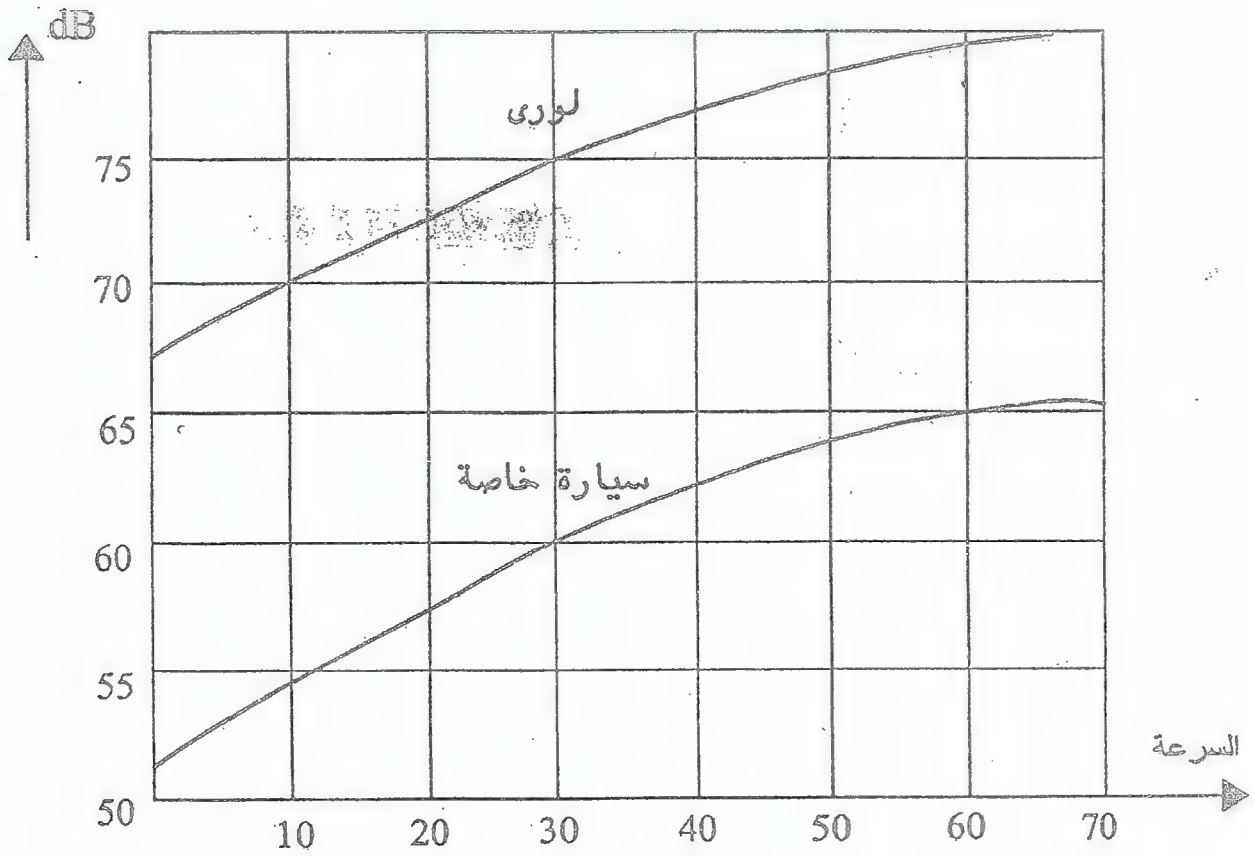
شكل ٢ : مضاعفة حجم المرور يؤدي الى زيادة قيمة الضوضاء بمقدار ٣ ديسبل

شكل رقم ٣ يبين العلاقة بين شدة الضوضاء وحجم المرور (وحدة سير / الساعة)، يلاحظ أن شدة الضوضاء تتزايد مضطردة مع زيادة حجم المرور وحتى ١٥٠٠ وحدة سير / الساعة تقريبا ، بعد ذلك تتزايد شدة الضوضاء بمعدلات بسيطة.



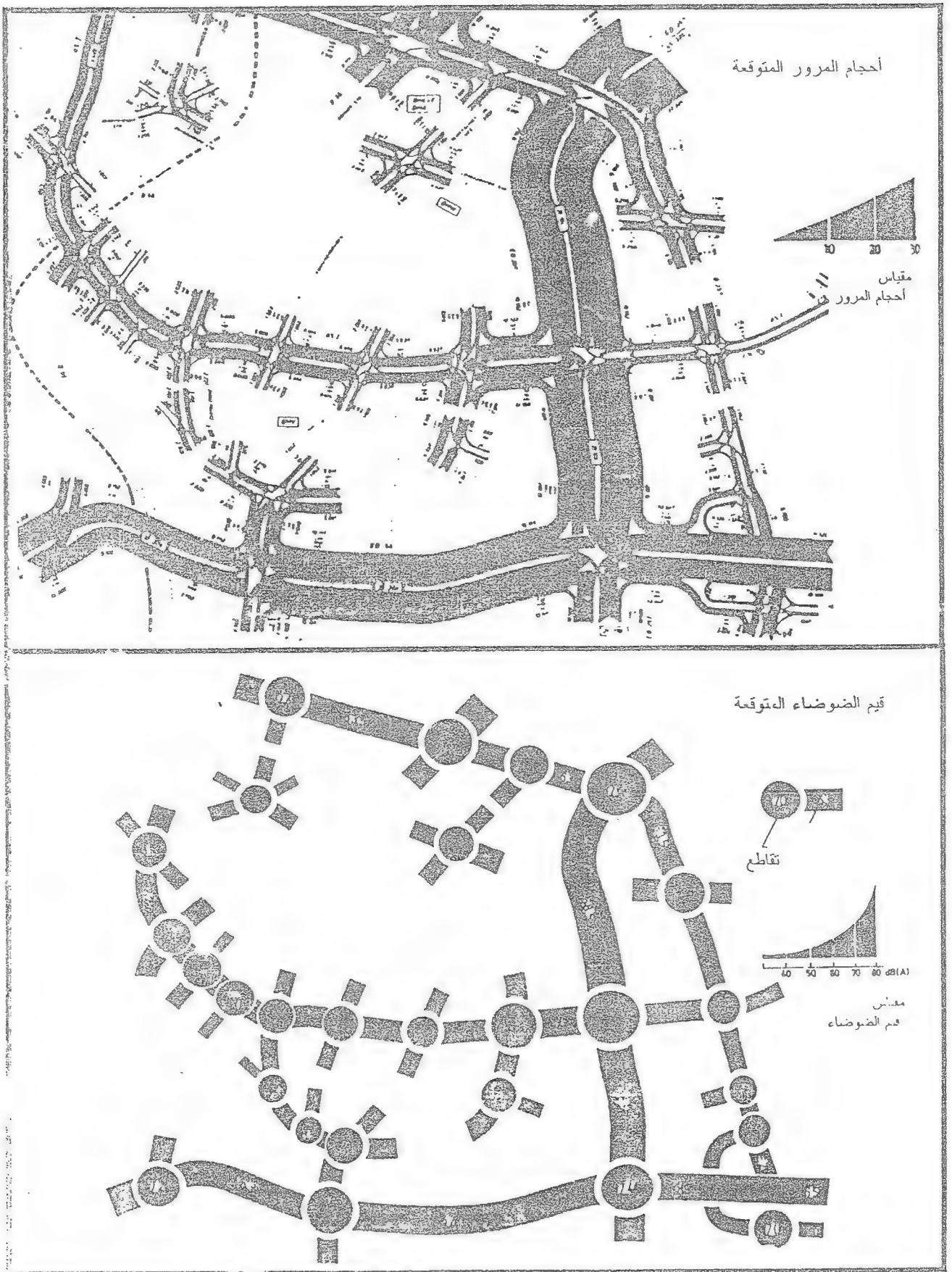
شكل ٣: العلاقة بين شدة الضوضاء وأحجام المرور (وحدة سير/الساعة)

شكل رقم ٤ يوضح العلاقة بين شدة الضوضاء وسرعة إنسياب المرور وذلك لكل من لوري وسيارة خاصة . هذا وقد أوضحت الدراسات أنه في حالة سرعات أقل من ٧٠ كم / الساعة تنتج الضوضاء أساسا من محرك السيارة، أما في حالة سرعات أعلى من ٧٠ كم / الساعة فإن الضوضاء تتولد عن محرك السيارة وإحتكاك العجل مع الطريق.

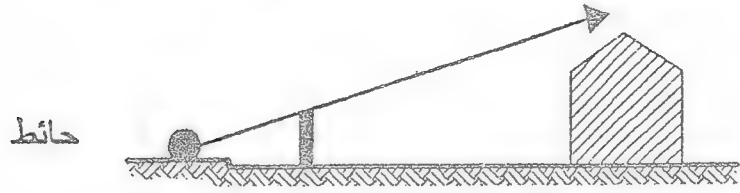
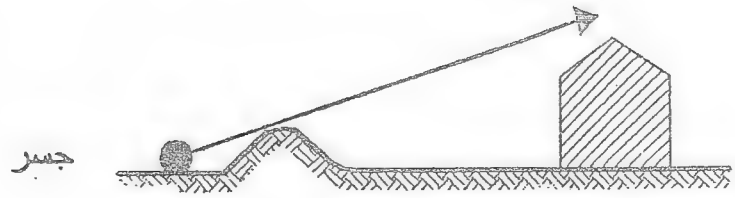


شكل ٤: العلاقة بين شدة الضوضاء وسرعة إنسياب المرور

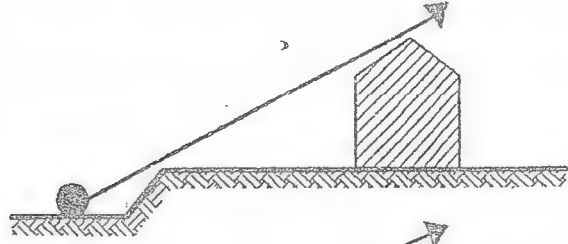
بناء على أحجام المرور (بالإضافة إلى العوامل الأخرى فإنه يمكن إعداد خرائط للضوضاء والتي تبين توزيع قيم شدة الضوضاء بمدينة ما (على كل طريق وعند التقاطعات)، كما هو موضح بالشكل رقم ٥ كمثال.



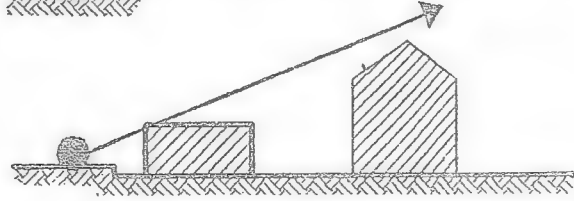
شكل ٥ : خرائط الضوضاء على شبكة طرق وفقاً لأحجام المرور



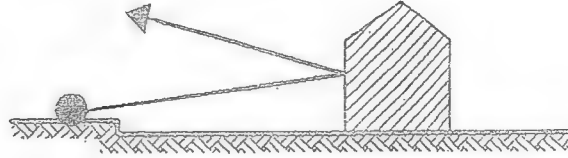
منسوب الطريق منخفض



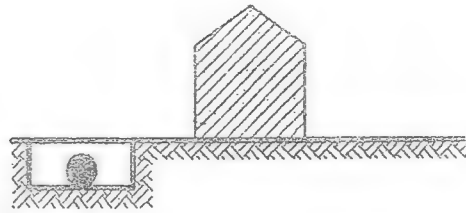
مبنى غير سكنى بين الطريق والمساكن



طلاء واجهة المساكن بمادة عاكسة



نفق للطرق



شكل ٦-٣: العوامل المؤثرة على شدة الضوضاء على المباني المطلة على طريق
- أساليب تقليل شدة الضوضاء -

ملاحظات

منذ بداية الثمانينات بدأت بعض المدن في تنفيذ مشاريع هندسية بهدف تهدئة المرور خاصة بالمناطق السكنية أو مراكز المدن (يراجع في ذلك الباب الخامس: هندسة المرور).

• نظراً للإهتمام العالمى بالتوسع فى إستخدام السكك الحديدية داخل المدن وخارجها، فقد نجحت الصناعة فى إنتاج عربات السكك الحديدية ذات الضوضاء القليلة، ووضع المواصفات الفنية لحوائط منع الضوضاء والتي تنشأ على إمتداد الخطوط الحديدية لتقليل تأثير الضوضاء على المباني المجاورة.

ثالثاً- شدة الضوضاء ونوع الرصف

لا يتولد عن الرصف الأسفلتي الجاف أي قيم ضوضاء إضافية عن القيم التي يمكن حسابها من المعادلات سابقة الذكر، على عكس الرصف الخرساني الذي يزيد قيمة الضوضاء بمقدار ٥ ديسيبل تقريباً عن قيمة الضوضاء الناتجة عن حركة إنسياب المرور على طريق أسفلتي .

أما فى حالة وجود أمطار على الطريق (أو مياه من مصدر آخر) فإن قيمة الضوضاء تزداد بمقدار ١٣ ديسيبل تقريباً عن قيمة الضوضاء الناتجة عن حركة المرور، سواء كان رصف أسفلتي أو رصف خرساني.

٢-٣ شدة الضوضاء المسموح بها

الجدول التالي يعرض قيم الضوضاء التصميمية المسموح بها ببعض المدن الأوربية (كمثال)، وفقاً لنوعية إستخدامات الأراضي داخل المدن:

قيم الضوضاء بوحدة ديسيبل		نوع الإستخدام
ليلاً	نهاراً	
٥٠	٦٠	مناطق سكنية
٦٠	٦٥	وسط المدينة
٦٥	٧٠	مناطق إسكان / إستخدامات أخرى
٦٥	٧٥	المناطق الصناعية

إذا أراد المخطط أن يقلل شدة الضوضاء على المباني المطلة على طريق سريع بإسلوب زيادة المسافة بين الطريق والمباني، فيمكن إستخدام الجدول التالي والذي يبين القيمة المطلوب تخفيضها من الضوضاء والبعد اللازم توافره بين الطريق والمباني المجاورة.

القيمة المطلوب تخفيضها بالديسيبل				البعد بالمتر فى حالة أرض مسطحة بين المباني والطريق
٢٥	٢٠	١٥	١٠	
٤٠٠	٣٠٠	١٢٥	١٠٠	البعد بالمتر فى حالة أرض مزروعة بأشجار بين المباني والطريق
١٥٠	١١٠	٨٠	-	

إننا نرشد المخطط أن يقلل شدة الضوضاء على المباني المطلة على طريق سريع بأسلوب إنشاء حاجز عاكس أو جسر، فيمكن استخدام الجدول التالي والذي يبين القيمة المطلوب تخفيضها من الضوضاء وارتفاع الحاجز العاكس أو الجسر.

١٨	١٦	١٤	١٠	٦	القيمة المطلوب تخفيضها (بالديسيبل)
٥	٤	٣	٢	١	ارتفاع الجسر أو الحاجز (بالمتر)

٣- العوادم Emissions

٣-١ التركيب الكيميائي للعوادم وأثره

الهواء الذي نعيش فيه مركب كيميائي معقد. وقد يحدث تغييراً في التركيب الكيميائي للهواء إما بفعل البراكين، أو نتيجة أنشطة الإنسان المختلفة. في قطاع النقل، ليست فقط العوادم الناتجة عن إحتراق الوقود بمحرك وسائل النقل هي المصدر الوحيد للتلوث، بل يحدث التلوث أيضاً نتيجة الإحتكاك بين الإطارات والطريق (تآكل الإطارات)، وكذلك نتيجة الغبار المتولد عن حركة وسائل النقل على الطرق.

نتيجة إحتراق الوقود بالمحركات يتولد حوالي ١٦٠ مركب كيميائي، يتوقف نوعها وكميتها على نوع المحرك وقدرته وحالته، وكذلك نوع الوقود المستخدم. فمثلاً المحركات البنزين تنتج عنها عناصر ومركبات كيميائية أهمها ثاني أكسيد الكربون، أول أكسيد الكربون، الهيدروكربونات، أول أكسيد النتروجين، والرصاص. أما المحركات الديزل، فيتولد عنها في المقام الأول ثاني أكسيد الكربون، الدخان، والكربون.

ويمكن تقسيم العناصر والمركبات الكيميائية التي تتكون منها العوادم إلى نوعين، النوع الأول له تأثير سام على الإنسان والحيوان والنبات، كما يعرض البيئة إلى التلوث البصري، والنوع الثاني ويسمى غازات الصوبة Greenhouse Gases ويؤدي إلى رفع درجات حرارة الجو وارتفاع مستوى المحيطات والبحار والأنهار، بالإضافة إلى تلوث مياه الأمطار مما يؤثر سلباً على الإنتاج الزراعي.

التأثير السام من العوادم ينتج أساساً عن أول أكسيد الكربون، الهيدروكربونات، الرصاص، أكسيد النتروجين، الكربون والدخان.

بصفة عامة، يحدث التأثير السام عند زيادة تركيز المركبات الكيميائية المحدث للسم، إلا أن الكيميات الناتجة عن العوادم قليلة نسبياً، وبالتالي فإن تأثيرها يظهر بعد فترة زمنية.

فمثلاً أول أكسيد الكربون (يحل محل الأكسجين في الدم)، إذا وصل إلى الدم فإنه يؤدي إلى تقليل نشاط الإنسان وضعف تركيزه حيث أنه يسبب إضطراب في الدورة الدموية . كما أن له تأثير ضار على المخ وعضلات القلب، وقد يتسبب في إصابة الإنسان بالسكتة القلبية على المدى الطويل.

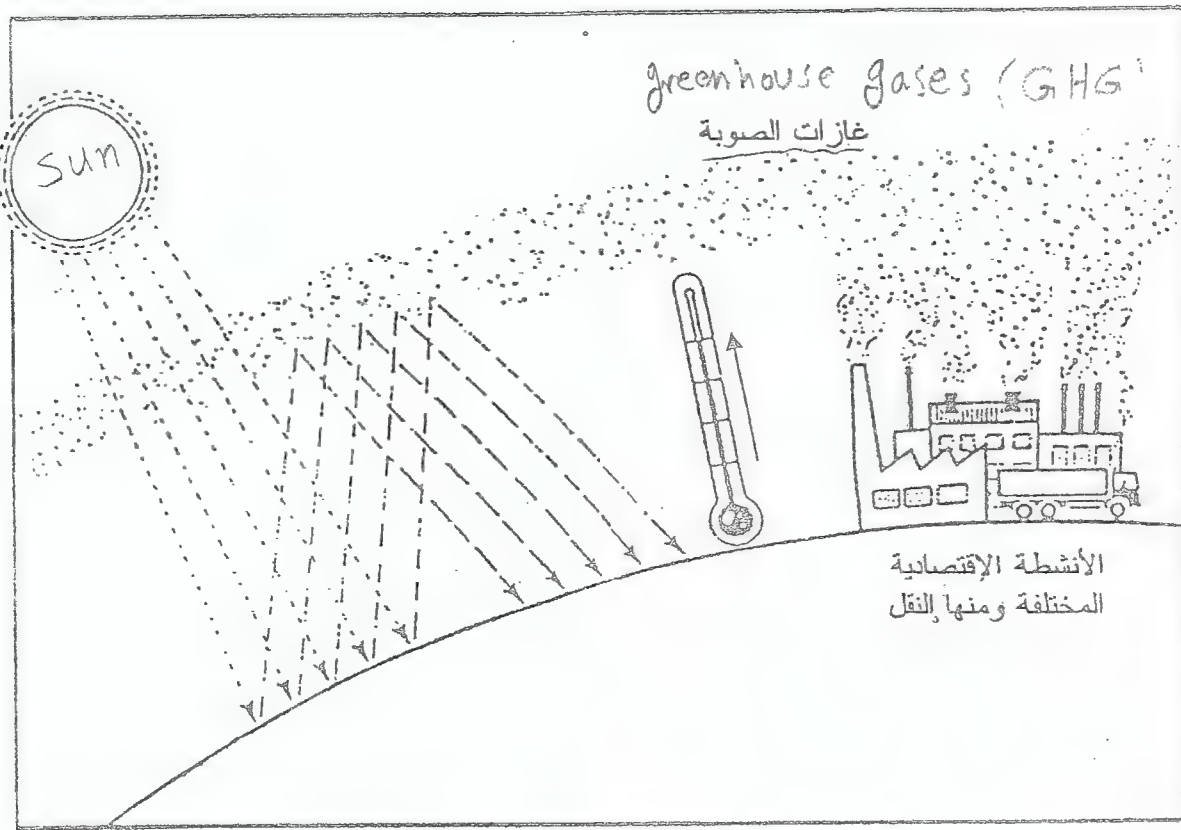
الهيدروكربونات (تتفاعل مع أكاسيد النتروجين في ضوء الشمس وتكون الأوزن)، تتسبب في إصابة الجهاز التنفسي والرئة بأمراض السرطان، كما أنها قد تصيب الإنسان بأمراض الحساسية وخاصة بالعيون.

الرصاص، يحصل عليه الإنسان بسهولة عن طريق الجهاز التنفسي، إلا أن التخلص منه ليس بنفس السهولة . حوالي ٩٠% من الرصاص الذي يدخل جسم الإنسان يخزن في العظام. الرصاص يضر أيضاً الرئة وقد يكون سبباً في الإصابة بأمراض السرطان. كما يؤدي الرصاص إلى شعور الإنسان بالإرهاق ويحدث التهاب بالجهاز العصبي .

أكسيد النتروجين (تتفاعل مع الماء لتكون حمض النتريك)، يتولد عن إحتراق الوقود عند درجات الحرارة العالية، ويؤثر على الدورة الدموية ونقل الدم للأكسجين. كما أنه يقلل من مناعة الرئة، وقد يؤدي إلى إتهاب الجهاز التنفسي والتهاب اللثة والأسنان.

الكربون والدخان، تأثيرها محدود على الصحة العامة، إلا أن ضررها المباشر يظهر في صورة تلوث المباني والألوان وتغيير لون الهواء مما قد يؤدي إلى صعوبة الرؤية.

المركبات الكيميائية لغازات الصوبة وأهمها ثاني أكسيد الكربون، فلها تأثير ضار على المناخ ، فهي تكون سحابة حول الكرة الأرضية يختلف سمكها وارتفاعها عن سطح الأرض وفقاً لكميات هذه المركبات. هذه السحابة تسمح لأشعة الشمس بالمرور إلى الأرض ولا تسمح لانعكاسات هذه الأشعة بإحتراقها (مثل صوبة النباتات)، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة الجو (شكل ٧). أوضحت الدراسات أن متوسط حرارة الجو إرتفعت ٢ درجة حرارة مئوية في الآونة الأخيرة.



شكل ٧: تأثير غازات الصوبة

٢-٣ تقليل كميات العوادم

مجهودات ضخمة تبذل في مجال تقليل كميات العوادم الناتجة عن النقل، إلا أن النتيجة ما زالت غير مرضية . وهذه المجهودات يمكن إيجازها على النحو التالي:

أولاً- تسعى الصناعة إلى إنتاج محركات ذات استهلاك أقل للوقود، ففي المحرك يضيع جزء من الطاقة نتيجة الاحتكاك ونقل الحركة والحرارة المبددة. وقد تم التوصل إلى نتائج طيبة، منها الحقن المباشر للمحرك حيث يمزج الوقود والهواء مباشرة في حجرة الاحتراق قرب شمعة الإشعال. ولتقليل الطاقة المفقودة بصندوق التروس يتم حالياً نقل الحركة أوتوماتيكياً بواسطة سير ناقل بدلاً من زيادة عدد تروس نقل السرعة.

ثانياً- تتبارى الشركات المنتجة للسيارات في تعديل التصميم الخارجي للسيارات لخفض وزنها وزيادة الفراغات الداخلية بها، وأيضاً تطوير الشكل الإنسيابي لها بهدف تقليل الطاقة المفقودة للتغلب على مقاومة الهواء.

ثالثاً- تركيب مرشح للعوادم داخل المحرك، يتم عن طريقه تحويل أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين (التي تحويها العوادم) إلى ثاني أكسيد الكربون ونيتروجين وماء.

رابعاً- تم إنتاج السيارات الصغيرة City Car ذات الاستهلاك القليل للطاقة (أقل من ٥ لتر/١٠٠ كم)

خامساً- تسعى الصناعة إلى تحسين نوعية الوقود، ونجحت في إنتاج البنزين الخال من الرصاص. كما أوضحت الدراسات النظرية أن إضافة مواد كيميائية معينة للوقود بمحركات الديزل يمكن أن يقلل من معدلات الدخان والكربون الناتج مع العوادم.

سادساً- تهتم الصناعة باستخدام الهيدروجين كوقود بديل، حيث أنه لا يتولد عن إنتاجه أو احتراقه أى كمية من ثانى أكسيد الكربون. إلا أن مشاكل الهيدروجين عديدة، منها انخفاض معدل التسارع وصعوبة التخزين والتوزيع، هذا بالإضافة إلى التكاليف الباهظة لإنتاجه.

سابعاً- أما بالنسبة لإستخدام الغاز الطبيعي كوقود بديل، فقد تم تحويل بعض السيارات فى بعض الدول لتعمل بالغاز الطبيعي، حيث يمكن إستغلاله بكفاءة عالية، كما أن غازات الصوبة الناتجة عن احتراقه تقل بحوالى ٢٠ % عن ذات الغازات الناتجة عن احتراق البنزين. إلا أن تخزين الغاز الطبيعي يجب أن يتم تحت ضغط عال فى خزانات ثقيلة وكبيرة. كما أن نظم التوزيع الحالية بمحطات تزويد وسائل النقل بالوقود صممت أساساً للتعامل مع الوقود السائل، وتحتاج إلى تعديلات أساسية للتعامل مع الغاز الطبيعي.

ثامناً- ما زالت المجهودات تبذل من أجل إنتاج السيارة الكهربائية التي تعمل بطاريات كهربائية ذات قدرة كبيرة، ولكن إستخدامها سوف يكون منحصراً على المدن الصغيرة، بسبب عدم إمكانية قطع مسافات طويلة دون إعادة شحن البطاريات وذلك يحتاج لوقت طويل. ومن مميزات السيارة الكهربائية أنها تعمل بهدوء ولا يصدر عنها أى عوادم.

تاسعاً- لا توجد أى بيانات عن نجاح الأبحاث فى مجال إنتاج سيارة تعمل بالطاقة الشمسية بسبب مشاكل تخزين الطاقة الشمسية بالسيارة لفترة زمنية معقولة.

عاشراً- للإستفادة من القدرة والنظافة التى تجمع بين البنزين والكهرباء، فقد تم تصميم سيارة إختبار ذات محرك ديزل وآخر كهربائى، ونظام أوتوماتيكي يربط المحركين، عند بدء التسارع يعمل المحرك الكهربائى ويعطى القدرة الدافعة، وعند زيادة التسارع عن حد معين يعمل المحرك الديزل أوتوماتيكياً لتوفير الطاقة اللازمة للحركة، بينما يعمل المحرك الكهربائى لإعادة شحن البطارية. كمية ثانى أكسيد الكربون الناتجة عن هذه السيارة تقل ٦٠ % عن الكمية الناتجة عن السيارة الديزل.

بالإضافة إلى ذلك، فيجب الإهتمام بصيانة وسائل النقل وفقاً للبرامج المعدة بمعرفة المنتج ، حيث أن الدراسات فى كثير من الدول قد أثبتت أن الصيانة الجيدة لوسائل النقل يمكن أن تؤدى إلى وفر فى نسبة إستهلاك الوقود إلى أكثر من ٢٥ %، وتخفيض إستهلاك الوقود يعنى تقليل كمية العوادم.

وجدير بالذكر أن بعض الدول لجأت إلى فرض ضرائب أكبر على المركبات الكبيرة، وكذلك المركبات القديمة والتي ينتج عنها عوادم أكثر، وذلك بهدف حث المواطنين على إستخدام المركبات الصغيرة والمركبات الجديدة والأقل إستهلاكاً للوقود .

يمكن استخدام العلاقة التالية لحساب كمية أي نوع من المركبات الكيميائية التي تتولد عن حركة وسائل النقل في صورة عوادم.

$$\text{كمية المركب الكيميائي} = (\text{معدل التلوث} \times \text{قيمة النشاط})$$

يقصد بمعدل التلوث نتيجة حركة وسائل النقل هو كمية المركب الكيميائي (المطلوب) بالجرام الناتج عن حركة هذه الوسيلة لمسافة واحد كيلو متر (جرام/وحدة سير. كم). وبمعلومية مشغولية وسيلة النقل يمكن حساب معدل التلوث بوحدات "جرام/راكب. كم" (في حالة نقل الركاب)، أو "جرام/طن. كم" (في حالة نقل البضائع).

ويقصد بالنشاط إجمالي وحدة سير. كم، أو راكب. كم، أو طن. كم

مثال

بدولة ما إذا علم أن إجمالي نشاط النقل في عام كان على النحو التالي:

السيارة الخاصة	$10 \times 2,85$	راكب. كم/عام
الأتوبيس	$10 \times 6,91$	راكب. كم/عام
نصف نقل	$10 \times 1,23$	طن. كم/عام

وأن معدلات ثاني أكسيد الكربون المتولدة عن وسائل النقل المختلفة هي:

السيارة الخاصة	134,67	جرام لكل راكب. كم
الأتوبيس	16,01	جرام لكل راكب. كم
نصف النقل	465,45	جرام لكل طن. كم

إحسب كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن نشاط النقل في هذه المدينة.

الحل

$$\text{إجمالي ثاني أكسيد الكربون} = 10 \times (134,67 \times 2,85 + 16,01 \times 6,91 + 465,45 \times 1,23)$$

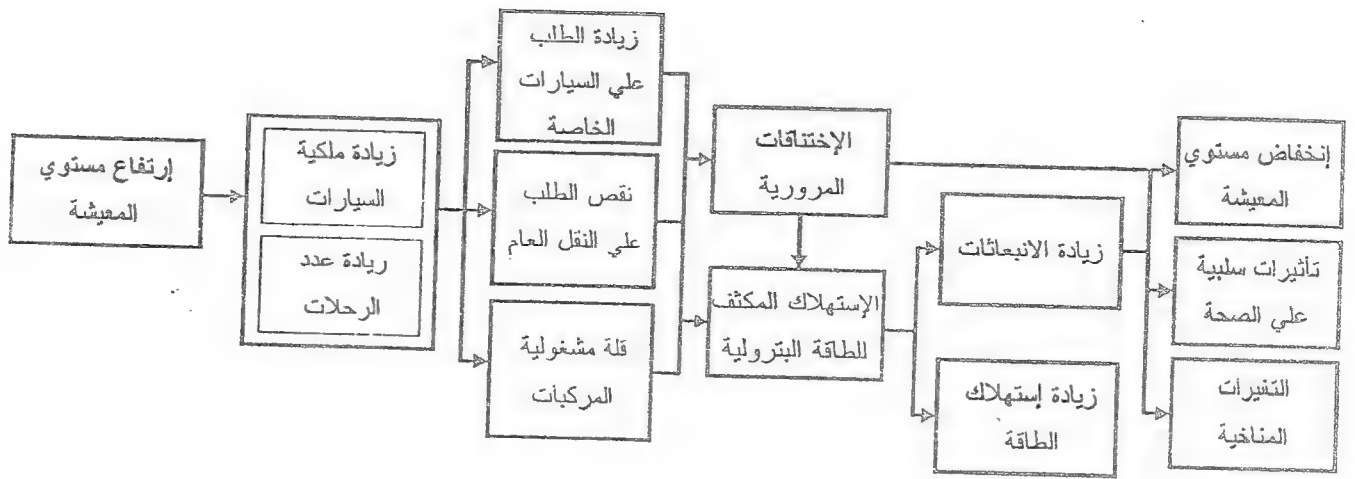
$$= 1,034 \text{ مليون طن / عام}$$

٤-١ النقل، الإقتصاد، والبيئة

يؤثر قطاع النقل ويتأثر بالإقتصاد القومي، وكذلك يلعب دوراً أساسياً في حياة المواطنين اليومية ومستوى معيشتهم. إن زيادة تحركات المواطنين يعتبر، بصفة عامة، مؤشراً لإنتعاش الإقتصاد القومي وإرتفاع مستوى الدخل، إلا أن الزيادات المستمرة في أحجام الحركة على نفس المساحات المخصصة للمرور تؤثر بالسلب على الموارد الطبيعية والبيئة وعلى الصحة العامة وإسلوب الحياة وعلى الشكل الحضارى والتاريخى للمدن. كما تلعب التأثيرات البيئية دوراً هاماً في قضية التغيرات المناخية.

في مدن الدول النامية، عندما بدأ الإقتصاد القومي في الإرتفاع، زادت ملكية السيارات وإستخدامها بمعدلات كبيرة، ولم تزد مساحات الطرق بنفس المعدل. أدى ذلك إلى تدهور مستوى خدمات النقل، وكعلاج قامت العديد من الدول النامية بضخ إستثمارات هائلة لإنشاء طرق وأماكن إنتظار جديدة وكبارى وأنفاق لمرور السيارات، (ولم يعامل النقل العام بنفس المعاملة). وأكثر من ذلك، تم تقييد حركة بعض وسائل النقل العام وإلغاء بعض خطوط الترام في بعض المدن، على إفتراض أن وسيلة النقل العام هي التي تعوق حركة السيارة الخاصة، على الرغم من أن السيارة الخاصة، في الحقيقة، هي التي تعوق وسائل النقل العام، كنظام نقل جماعى.

هذه الأفكار ينتج عنها دائماً تفاقم مشاكل النقل والمرور داخل المدن مرة أخرى وتدهور لمستوى المعيشة وزيادة معدلات إستهلاك الطاقة والتلوث البيئى. شكل رقم (٨) يوضح أنه على الرغم من أن الهدف الأساسى من التخطيط هو رفع مستوى المعيشة، إلا أن زيادة ملكية السيارات والحاجة للتنقل دون مراعاة لوجود نظام نقل عام جيد يؤدي بالعكس إلى خفض مستوى المعيشة وزيادة الإنبعاثات الملوثة للبيئة.



شكل ٨: النتائج المترتبة على زيادة ملكية السيارات (دون) مراعاة لوجود نظام نقل عام جيد

٤-٢ مشاكل النقل الحالية داخل المدن

- في الآونة الأخيرة، يتردد على ألسنة الجميع الإستفسارات التالية:
- هل يمكن أن تستوعب المدن وبدون حد أقصى الزيادات المستمرة في أعداد السكان وأعداد السيارات دون زيادة مماثلة في المساحات المخصصة للمرور (طرق وأماكن إنتظار) ؟
 - كيف يمكن زيادة المساحات اللازمة للمرور داخل المدن؟ هل الكبارى العلوية هي الحل ؟
 - متى تتوافر الإعتمادات المادية لتنفيذ مشاريع مترو الأنفاق؟
 - هل يمكن حل مشاكل المرور عن طريق تغيير إتجاهات المرور على الطرق وغلق أو فتح الجزر الوسطى؟
 - هل إلغاء أجزاء من الترام يؤدي الى سيولة مرورية ؟
 - ماذا عن إستهلاك الطاقة والتلوث البيئي؟

لقد أثبتت الأبحاث العلمية والتجارب العملية أن الآثار الإيجابية للكبارى العلوية داخل المدن ما هي إلا سيولة مرورية مؤقتة، تظهر بعدها الإختناقات على الطرق السطحية والكبارى العلوية على السواء. هذا بالإضافة الى أن الكبارى العلوية داخل المناطق الحضرية تفقد المدن طابعها التاريخي العريق المميز، كما أنها مصدر دائم للضوضاء وتلوث البيئة. إن إنشاء الكبارى العلوية والسيولة المرورية عند بدء تشغيلها يشجع المواطنين على الإستخدام المكثف للسيارة الخاصة وإقتناء سيارات جديدة، مما يتسبب في مشاكل مرورية في مناطق أخرى، وصعوبات في توفير أماكن إنتظار السيارات، نهائياً عند نهاية رحلاتهم (خاصة بمراكز المدينة)، وليلاً بالقرب من منازلهم.

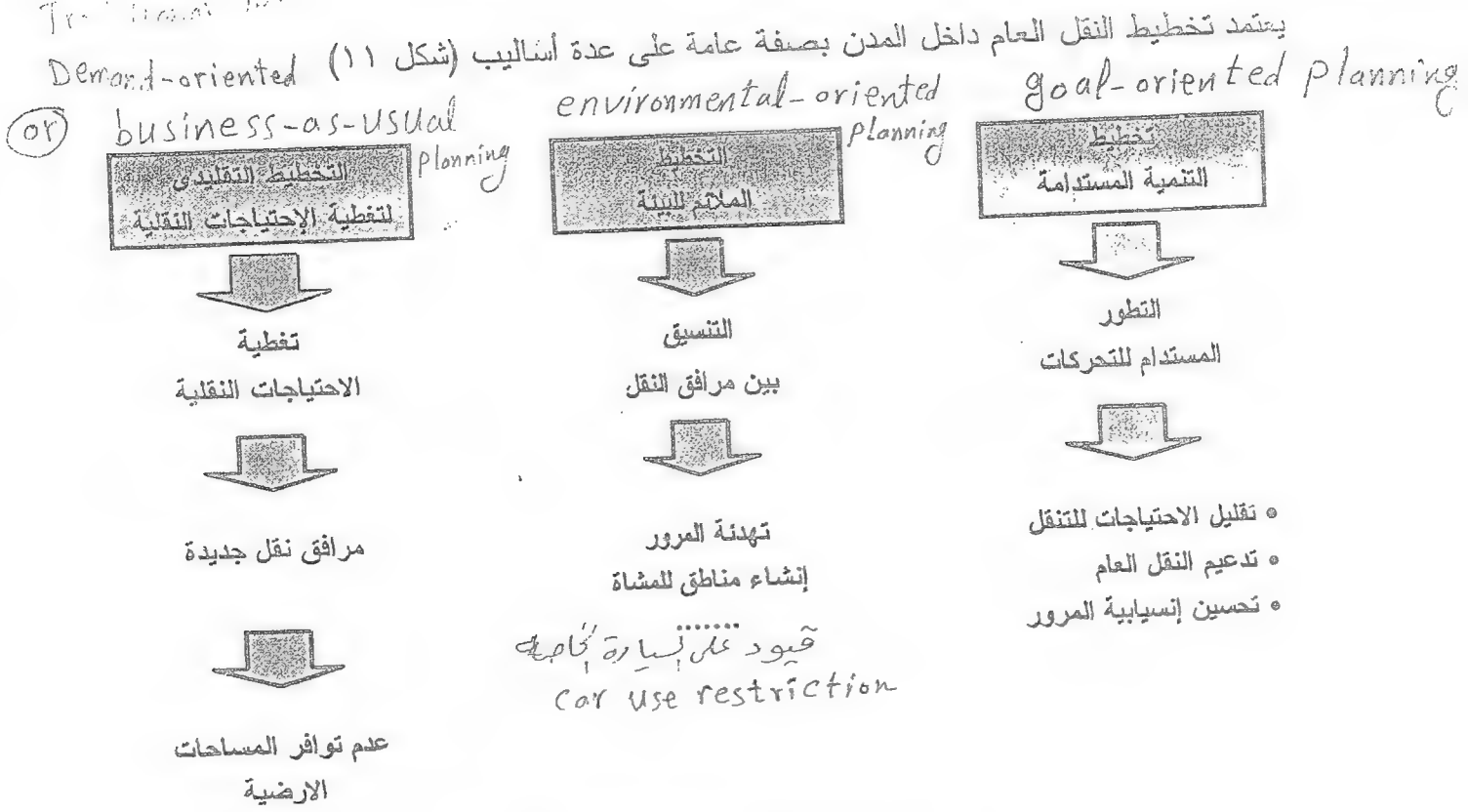
كما لا يوصى أيضاً بإنشاء جراجات متعددة الأنوار وذات سعة إستيعابية عالية بمراكز المدن حيث أنها تتسبب فى مشاكل مرورية معقدة بسبب السعة المرورية المحدودة لشوارع وتقاطعات هذه المراكز.

أوضحت التجارب أيضاً أن "المدن فى خطر" بسبب الزيادات المستمرة فى أعداد السيارات الخاصة، وليس فى الإمكان إيقاف ذلك بالأساليب التقليدية. كما أوضحت التجارب إن الترام الحديث (LRT) ^{light rail transit} (وليس بالمواصفات التقليدية للترام بالقاهرة والألكندرية) هى وسيلة النقل الأساسية للقرن الواحد والعشرين، وجارى اليوم فى العديد من المدن الأوروبية والأمريكية إنشاء خطوط ترام جديدة وبكثافة عالية.

وقد أوضحت الخبرة العملية، أن الترام لا تغرق حركة السيارات الخاصة، بل العكس فالسيارة الخاصة هى التى تغرق الترام. الترام وسيلة نقل عام ذات سعة عالية (على سبيل المثال، سعة ترام الرمل أكثر من ٦٠٠ راكب، بينما سعة السيارة الخاصة ٢ راكب فى المتوسط). كما أن الترام أقل تلوث للبيئة، ووحدات الترام الحديثة أقل ضوضاء من السيارة الخاصة، وأكثر أماناً حتى لو تم تشغيلها فى شوارع للمشاة فقط.

كثير من المدن الأوروبية تعرضت فى الآونة الأخيرة إلى المشاكل ذاتها التى تواجهها مدن العالم الثالث اليوم. بعض هذه المدن، نجحت ومنذ سنوات قليلة فى إيجاد حلول قليلة التكاليف لمشاكلها النقلية والمرورية. لكن هذه الحلول لم تكن حلولاً تقليدية.

Traditional



شكل ١١: أساليب تخطيط النقل داخل المدن

business-as-usual

Demand-oriented Planning

الأسلوب الأول: التخطيط التقليدي

Traditional Planning

يبني هذا الأسلوب على أساس إعداد مخططات يتم عن طريقها إنشاء مرافق نقل متنوعة (بما في ذلك من طرق وكبارى وأماكن انتظار)، كافية لتغطية الاحتياجات النقلية المتزايدة. وقد أثبتت العديد من الدراسات والتجارب العملية أن الآثار الإيجابية لهذا الإتجاه ما هي إلا سيولة مرورية مؤقتة تؤدي إلى تشجيع المواطنين على استخدام السيارات الخاصة بشكل متزايد ومكثف، مما يؤدي إلى عودة المشاكل المرورية بحجم أكبر وتولدها في مناطق أخرى. هذا بالإضافة إلى ارتفاع تكاليف الإنشاء بصفة عامة مما يعوق التنفيذ.

الأسلوب الثاني: التخطيط المناسب للبيئة

Environment-oriented Transportation Planning

نظراً لارتفاع تكاليف التنفيذ وتفاقم المشاكل المرورية، ومع زيادة الوعي البيئي، ظهر في الثمانينات هذا الأسلوب والذي يعتمد على إعداد مشاريع تهدف إلى تقييد استخدام السيارة الخاصة في بعض المناطق وحماية البيئة من التلوث، دون الالتفات للمستقبل البعيد. ودون الأخذ في الاعتبار للاحتياجات النقلية.

الأسلوب الثالث: التنمية المتواصلة لنظم النقل

Sustainable Transportation Planning

مع بداية التسعينات، ظهر هذا الأسلوب والذي يعتمد على فلسفة الاستغلال الأمثل لإمكانيات مرافق النقل الحالية داخل المدن، والدعم المستمر لنظم النقل العام بأسلوب إقتصادي لتغطية الاحتياجات المتزايدة للتنقل، والدعم المستمر لنظم النقل العام بأسلوب إقتصادي لتغطية الاحتياجات المتزايدة للتنقل، مع الإهتمام بتأمين تحركات المشاة. وعلى الفور بدأ التطبيق العملي للفلسفة الجديدة في العديد من المدن، وإن اختلفت الأساليب التطبيقية وفقاً للظروف الخاصة بكل مدينة.

إن أساليب تخطيط النقل يجب أن تتغير من الأسلوب التقليدي (تغطية الاحتياجات النقلية عن طرق إنشاء المزيد من المساحات المخصصة للمرور) وكذلك من الأسلوب الملائم للبيئة (تحسين الأداء البيئي لنظام النقل القائم دون الأخذ في الاعتبار الاحتياجات النقلية) إلى أسلوب التنمية المتواصلة لنظام النقل ليكون الهدف الأساسي من التخطيط هو تنمية تحركات المواطنين بشكل متواصل مع الأخذ في الاعتبار التأثيرات البيئية وتغطية الاحتياجات النقلية. وذلك بالاستغلال الأمثل لمواقع النقل الحالية والدعم المستمر للنقل العام.

٤-٤ عناصر التنمية المتواصلة لنظم النقل

إن فلسفة "التنمية المتواصلة لنظم النقل" ترتكز على السياسات التالية (شكل ١١):

3-5 Planning

١-٤-٤ تقليل احتياجات التنقل Saving Traffic، وذلك عن طريق:

- إعادة تخطيط استخدامات الأراضي داخل المدن وفقاً لنظرية (عدم) التركز.
- إمتداد العمران على إمتداد محاور نقل عام (بصفة خاصة خطوط حديدية حضرية، ترام أو مترو أو قطار ضواحي)، وعدم إنشاء مدن جديدة أو مناطق سكنية أو صناعية إلا بعد إنشاء الخطوط الحديدية.

٢-٤-٤ تدعيم نظم النقل العام كبديل للسيارة الخاصة Shifting Traffic، عن طريق:

- ١- تطوير وتحسين وتدعيم نظم النقل العام.
- ٢- التوسع في نظم النقل الحديدي داخل المدن.
- ٣- التوسع في إنشاء مناطق المشاة (كتدعيم للنقل العام).
- ٤- وضع قيود على استخدام السيارة الخاصة داخل المدن.
- ٥- تشجيع استخدام السيارات ذات المشغولية العالية.

٣-٤-٤ تحسين إنسيابية المرور على شبكة الطرق Smoothing Traffic، عن طريق:

- إدخال نظم الإشارات الأتوماتيكية ذات التحكم اللحظي في حركة إنسياب المرور.
- إعادة تخطيط شبكة الطرق عن طريق تكوين خلايا نقل ومحاور مرور سريعة إتجاه واحد.

تعتمد سياسة تخطيط النقل حالياً في المدينة الأوروبية على النقاط الآتية:

- Greening the Streets with Public Transport.
- It is a Mistake to go Underground.
- In order to improve the living Quality in a city, Please use Public Transport.
- Where the Public Transport is moving and Pedestrians are safe - City is alive.

هذا بالإضافة إلى التوعية المستمرة لأداب وقواعد المرور عن طريق وسائل الإعلام ونوادي السيارات.

تمارين

١. طريق حجم المرور عليه ١٨٠٠ وحدة سير/الساعة، تتحرك المركبات عليه بسرعة متوسطة ٦٠ كم/ الساعة، إحسب شدة الضوضاء المتوسطة في حالة وجود أمطار عند نقطة على واجهة منزل يطل على الطريق ويبعد عنه بمسافة ٢٥ متر، إذا علم أن نسبة النقل الثقيل ٥٠ % وإن النقطة المطلوب حساب شدة الضوضاء عندها ترتفع بمسافة ٦ متر عن مستوى الطريق.

٢. بدولة ما إذا علم أن إجمالي نشاط النقل في عام كان على النحو التالي:

السيارة الخاصة ٦٠ مليار راكب. كم

الأتوبيس ٨ مليار راكب. كم

نصف نقل ١,٥ مليار طن. كم

وأن معدلات ثاني أكسيد الكربون المتولدة عن وسائل النقل المختلفة هي:

السيارة الخاصة ١٥٠ جرام لكل راكب. كم، الأتوبيس ١٨ جرام لكل راكب. كم -

نصف النقل ٤٦٠ جرام لكل طن. كم

إحسب كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن نشاط النقل في هذه المدينة.

تخطيط النقل والتحليل الإقتصادي

Transportation Planning and Economic Analysis

Monetary Evaluation

١- التقييم بوحدات مادية

هناك أساليب إقتصادية متعددة يمكن إستخدامها لتقييم البدائل بوحدات مادية، منها:

- ١-١ معدل العائد (ROR) Rate of Return
- ٢-١ التكلفة الكلية السنوية (AC) Total Annual Cost
- ٣-١ فترة الإسترداد (PP) Payback Period
- ٤-١ تحليل المنفعة/التكاليف Benefit-Cost Analysis

Rate of Return

١-١ معدل العائد "ROR"

في هذه الطريقة، يتم مقارنة البدائل بإستخدام العلاقة التالية:

$$ROR = \frac{R - E}{C}$$

حيث

Anticipated Revenues

R = الدخل السنوى

Operation Expenses

E = تكاليف التشغيل السنوية

Capital Investment

C = التكاليف الرأسمالية

مثال

المطلوب تحديد البديل الأمثل من بين البدائل A, B & C وذلك بإستخدام طريقة معدل العائد، إذا علم أن:

البديل	A	B	C
التكاليف الرأسمالية (ألف جنيه مصرى)	١٦٠٠	١٥٢٠	١٨٨٠
تكاليف التشغيل السنوية (ألف جنيه مصرى)	٧٢٠	٧٨٠	٦٦٠
الدخل السنوى (ألف جنيه مصرى)	٨٤٠	٨٤٠	٨٤٠

يتم حساب معدل العائد للبدائل الثلاثة كالتالي:

$$\text{ROR for Alternative A} = \frac{840\,000 - 720\,000}{1600\,000} \times 100 = 7.5\%$$

$$\text{ROR for Alternative B} = \frac{840\,000 - 780\,000}{1520\,000} \times 100 = 4.0\%$$

$$\text{ROR for Alternative C} = \frac{840\,000 - 660\,000}{1880\,000} \times 100 = 9.5\%$$

على الرغم من أن التكاليف الرأسمالية للبدائل C هي الأكبر، إلا أنه يعتبر الأفضل بسبب ارتفاع معدل العائد.

Total Annual Cost

٢-١ التكلفة الكلية السنوية "AC"

في هذه الطريقة يتم أولاً تحويل التكاليف الرأسمالية لكل بديل إلى تكاليف رأسمالية سنوية باستخدام معامل استرداد رأس المال والذي يتوقف على سعر الفائدة والعمر الافتراضي. يتم بعد ذلك جمع التكاليف الرأسمالية السنوية إلى تكاليف التشغيل السنوية للحصول على التكاليف الكلية السنوية. البديل الأفضل هو البديل الذي يعطى أقل تكاليف كلية سنوية. ويمكن حساب التكاليف الكلية السنوية AC باستخدام العلاقة التالية:

$$AC = (C \times CRF) + E$$

حيث

C	=	التكاليف الرأسمالية	Initial Capital Investment
CRF	=	معامل استرداد رأس المال	Capital Recovery Factor
E	=	تكاليف التشغيل السنوية	Annual Operating Expenses

من بينك على أساس العمر الافتراضي
معدل الفائدة (جدول فريبنك)

وجدير بالذكر، أن تطبيق هذا الأسلوب في التقييم لا يتوقف على أرباح المشروع، وبالتالي فإن استخدامه ينحصر على تقييم المشاريع الخدمية المدعومة حكومياً.

المطلوب تحديد البديل الأمثل من بين البدائل A, B & C وذلك باستخدام طريقة التكاليف الكافية السنوية إذا علم أن:

$$CRF = 0.05052$$

البديل	A	B	C
التكاليف الرأسمالية (ألف جنيه مصرى)	١٦٠٠	١٥٢٠	١٨٨٠
تكاليف التشغيل السنوية (ألف جنيه مصرى)	٧٢٠	٧٨٠	٦٦٠

الحل

البديل	A	B	C
C	١٦٠٠	١٥٢٠	١٨٨٠
$C \times CRF$	٨٠,٨٣٢	٧٦,٧٩٠	٩٤,٩٧٨
E	٧٢٠	٧٨٠	٦٦٠
AC	٨٠٠,٨٣٢	٨٥٦,٧٩٠	٧٥٤,٩٧٨

البديل الثالث هو البديل الأمثل، حيث أن يعطى أقل تكلفة سنوية.

Payback Period

٣-١ فترة الاسترداد "PP"

تعرف فترة الاسترداد بأنها الفترة اللازمة لكي يسترد المشروع خلالها تكاليفه الرأسمالية من تدفقات صافى الأرباح السنوية. ووفقاً لهذه الطريقة فإنه كلما قلت فترة استرداد رأس المال لمشروع ما كان هذا المشروع هو الأفضل. ويمكن حساب فترة الاسترداد لمشروع على النحو التالى:

$$PP = \text{Capital Investment} \div \text{Annual Net Return}$$

التكاليف الرأسمالية = Capital Investment

صافى الأرباح السنوية = Annual Net Return

ومن عيوب هذه الطريقة هو أنها تختار دائماً المشاريع التى تغطى تكاليفها فى السنوات الأولى من التشغيل، ولا تأخذ فى الاعتبار المشاريع الأخرى التى قد تدر عائداً أكبر على المدى الطويل.

المطلوب تحديد البديل الأمثل من بين المشاريع A, B and C وذلك باستخدام طريقة فترة الإسترداد، إذا علم أن

المشروع	A	B	C
التكاليف الرأسمالية (ألف جنيه مصري)	١٦٠٠	١٥٠٠	١٢٠٠
صافي الربح السنوي (ألف جنيه مصري)	٤٠٠	٤٥٠	٤٠٠

الحل

المشروع	A	B	C
التكاليف الرأسمالية (ألف جنيه مصري)	١٦٠٠	١٥٠٠	١٢٠٠
صافي الربح السنوي (ألف جنيه مصري)	٤٠٠	٤٥٠	٤٠٠
PP (Years)	٤	٣,٣	٣

البديل الثالث هو البديل الأمثل.

Benefit-Cost Analysis

٤-١ تحليل المنافع والتكاليف

يساعد تحليل المنافع والتكاليف لمشروع ما على إعطاء صورة شاملة لاتخاذ القرار الإقتصادي، حيث تعتمد على تحويل المنافع المتنوعة إلى وحدات مالية بسعر اليوم، ثم مقارنتها بالتكاليف، إما كفروق أو كنسب.

لحساب القيمة الحالية للمنافع (B) Present Value of Benefits يمكن استخدام العلاقة التالية:

$$B = \frac{B_n}{(1+r)^n}$$

حيث

B_n = قيمة المنافع في السنة n

r = سعر الفائدة

n = السنة المطلوب تحويل ربحها إلى القيمة الحالية بسعر اليوم

تعرف بإسم صافي القيمة الحالية "NPV"، ويمكن حسابها باستخدام العلاقة التالية:

$$NPV = B - C$$

Present Value of Benefits
Present Value of Costs

حيث
B = قيمة المنافع الحالية الكلية
C = قيمة التكاليف الحالية

المشاريع التي تحقق صافي قيمة حالية موجبة تعتبر مقبولة، المشاريع التي تحقق صافي قيمة حالية سالبة غير مقبولة.

Benefit-Cost Ratio

(ثانياً) نسبة المنافع والتكاليف "BCR"

تُحسب هذه النسبة باستخدام العلاقة التالية:

$$BCR = B \div C$$

المشاريع التي تحقق نسبة أكبر من ١ تعتبر مقبولة، والمشاريع التي تحقق نسبة أقل من ١ تعتبر غير مقبولة

مثال

إذا كانت تكاليف إنشاء وصلة طريق سريع هي ١٠ مليون جنيه، ويتوقع أن يترتب عن إنشائه تقليل طول الرحلة بمقدار ٢ كم، وتخفيض متوسط زمن الرحلة بمقدار ٥ دقائق. يتوقع أيضاً انخفاض أعداد الحوادث بمقدار ٥ حوادث/عام، وانخفاض مصاريف الصيانة بمقدار ٥٠٠٠ جنيه/عام.

المطلوب حساب صافي القيمة الحالية ونسبة المنافع/التكاليف، إذا علم أن:

- أحجام المرور اليومية الحالية ٧٠٠٠ وحدة سير/اليوم، بمتوسط مشغولية ١,٥ راكب/سيارة
- يبدأ تشغيل المشروع بعد عام
- تزداد أحجام المرور بمعدل منتظم بمقدار ٠,٥ % سنوياً خلال عمر الطريق الافتراضي (٢٠ عاماً)
- تكاليف تشغيل الطريق المتوقعة هي ٠,١ جنيه/كم
- متوسط قيمة الوقت للمسافرين هو ٣ جنيه/ساعة
- متوسط تكاليف الحوادث هو ٢٠,٠٠٠ جنيه/حادثة
- سعر الفائدة هو ٨ % سنوياً

المنافع الناتجة عن تخفيض زمن وطول الرحلة =

٥ دقائق \times (٣ جنيه/ساعة \div ٦٠ دقيقة/ساعة) \times ١,٥ راكب/سيارة + ٢ كم \times ٠,١ جنيه/كم

= ٠,٥٧٥ جنيه/رحلة

المنافع الناتجة عن تخفيض أعداد الحوادث وقيمة الصيانة =
٥ حوادث/عام \times ٢٠.٠٠٠ جنيه/حادثة + ٥٠٠٠ جنيه/صيانة سنوية

= ١٠٥.٠٠٠ جنيه/عام

أعداد الرحلات حالياً = ٧٠٠٠ رحلة/يوم \times ٣٦٥ يوم/عام = ٢,٥٥٥,٠٠٠ رحلة/عام

$(1 + \frac{0.5}{100} n)$

العام	معدل تزايد أحجام المرور	أعداد الرحلات السنوية	الأرباح السنوية (جنيه) الآلية	القيمة الحالية للمنافع (جنيه)
١	١,٠٠٥	٢,٥٦٧,٧٧٥	١,٥٨١,٤٧١	١,٤٦٤,٣٢٥
٢	١,٠١	٢,٥٨٠,٥٥٠	١,٥٨٨,٨١٦	١,٣٦٢,١٥٤
٣	١,٠١٥	٢,٥٩٣,٣٢٥	١,٥٩٦,١٦٢	١,٢٦٧,٠٨٥
٤	١,٠٢	٢٦,٠٦١,٠٠	١٦,٠٣٥,٠٨	١,١٧٨,٦٢٦
٥	١,٠٢٥	٢٦,١٨٨,٧٥	١٦,١٠٨,٥٣	١,٠٩٦,٣٢٠
٦	١,٠٣	٢٦,٣١٦,٥٠	١٦,١٨١,٩٩	١,٠١٩,٧٤٠
٧	١,٠٣٥	٢٦,٤٤٤,٢٥	١٦,٢٥٥,٤٤	٩٤٨,٤٩٠
٨	١,٠٤	٢٦,٥٧٢,٠٠	١٦,٣٢٨,٩٠	٨٨٢,٢٠٠
٩	١,٠٤٥	٢٦,٦٩٩,٧٥	١٦,٤٠٢,٣٦	٨٢٠,٥٢٦
١٠	١,٠٥	٢٦,٨٢٧,٥٠	١٦,٤٧٥,٨١	٧٦٣,١٤٩
١١	١,٠٥٥	٢٦,٩٥٥,٢٥	١٦,٥٤٩,٢٧	٧٠٩,٧٧٠
١٢	١,٠٦	٢٧,٠٨٣,٠٠	١٦,٦٢٢,٧٣	٦٦٠,١١١
١٣	١,٠٦٥	٢٧,٢١٠,٧٥	١٦,٦٩٦,١٨	٦١٣,٩١٥
١٤	١,٠٧	٢٧,٣٣٨,٥٠	١٦,٧٦٩,٦٤	٥٧٠,٩٤١
١٥	١,٠٧٥	٢٧,٤٦٦,٢٥	١٦,٨٤٣,٠٩	٥٣٠,٩٦٥
١٦	١,٠٨	٢٧,٥٩٤,٠٠	١٦,٩١٦,٥٥	٤٩٣,٧٧٨
١٧	١,٠٨٥	٢٧,٧٢١,٧٥	١٦,٩٩٠,٠١	٤٥٩,١٨٧
١٨	١,٠٩	٢٧,٨٤٩,٥٠	١٧,٠٦٣,٤٦	٤٢٧,٠١١
١٩	١,٠٩٥	٢٧,٩٧٧,٢٥	١٧,١٣٦,٩٢	٣٩٧,٠٨٣
٢٠	١,١	٢٨,١٠٥,٠٠	١٧,٢١٠,٣٨	٣٦٩,٢٤٦
			المجموع	١٦,٠٣٤,٦٢٢

$$\begin{aligned} \text{معدل تزايد أحجام المرور} &= 1,04 \\ \text{أعداد الرحلات السنوية} &= 1,04 \times 2000 = 2080 \text{ رحلة} \\ \text{الأرباح السنوية} &= 2080 \text{ رحلة} \times 0,075 \text{ جنيه/رحلة} + 1000 \text{ جنيه/عام} \\ &= 163200 \text{ جنيه} = B_n \\ \text{قيمة الأرباح الحالية} &= 163200 \text{ جنيه} \div (1 + 0,08)^n = 882200 \text{ جنيه/العام} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{مجموع المنافع الحالية} &= \text{التكاليف الرأسمالية} \\ \text{صافي القيمة الحالية NPV} &= 16034622 - 10000000 \\ &= 6034622 \text{ جنيه} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{نسبة المنافع/التكاليف BCR} &= 16034622 \div 10000000 \\ &= 1,6 \end{aligned}$$

٢- التقييم متعدد المعايير (الأوزان) الطريقة الحديثة

Multi-Criteria Evaluation

يمكن أن تكون هناك معايير متنوعة الوحدات يمكن إستخدامها لتقييم المشاريع والمقارنة بينها فنيا وإقتصاديا وبينيا، مثل طول طريق معين (كم)، زمن الرحلة على الطريق (الساعة)، تكاليف الإنشاء (جنيه)، الإنبعاثات الناتجة عن الطريق (الطن). هنا يمكن إستخدام طريق الأوزان

Weigh Assessment Method

ويمكن تطبيق هذه الطريقة على أربع مراحل:

- تعريف معايير التقييم: يقوم المخطط بإختيار معايير التقييم المناسبة والتي تخدم أهداف المشروع
- تقدير مقياس كل معيار Rating Scale: يتم وضع مقياس لكل معيار في البدائل المختلفة. هذا المقياس يمكن إعتباره خطيا يبدأ بمقدار الصفر (أسوأ حالة) وينتهي بمقدار ١٠ (أفضل حالة)، وللحالات الأخرى يحسب المقياس بالنسبة والتناسب.
- تقدير الأوزان Weight Assessment: كل معيار يعطى وزنا معيناً يبين أهمية هذا المعيار بالنسبة للخبراء وأصحاب القرار، وربما أيضاً المواطنين المستفيدين من المشروع.
- التقدير Rating: يتم ضرب مقياس كل معيار في الوزن المقدر لهذا المعيار، ثم يتم جمع كل التقديرات الخاصة بكل بديل للحصول على تقدير نهائي لكل بديل. يتم إختيار البديل الأمثل صاحب أعلى تقدير.

المطلوب تحديد البديل الأمثل من بين المشاريع A, B & C، إذا علم أن

المشاريع البديلة	معايير التقييم		
	التكاليف الرأسمالية (١٠٠٠ جنيهه)	متوسط زمن الرحلة (دقيق)	نسبة مشاركة النقل العام (%)
A	١٠٢٣	٤١,٧	٤٢,٨
B	١٠٦٣	٣٩,٩	٥٢,٦
C	١٤٧٩	٣٧,٢	٤٤,٤
الأوزان	١٠	٨	٥

الحل

المقياس Scaling

المشاريع البديلة	معايير التقييم		
	التكاليف الرأسمالية (١٠٠٠ جنيهه)	متوسط زمن الرحلة (دقيق)	نسبة مشاركة النقل العام (%)
A	١٠	٠	١ ✓
B	٩,١ ✓	٤ ✓	٠
C	٠	١٠	١٠
الأوزان	١٠	٨	٥

التقدير Rating

التقدير	معايير التقييم			المشاريع البديلة
	التكاليف الرأسمالية (١٠٠٠ جنيهه)	متوسط زمن الرحلة (دقيق)	نسبة مشاركة النقل العام (%)	
١٠٥	١٠٠	٠	٥	A
١٢٣	٩١	٣٢	٠	B
١٣٠	٠	٨٠	٥٠	C

المشروع الأفضل هو C

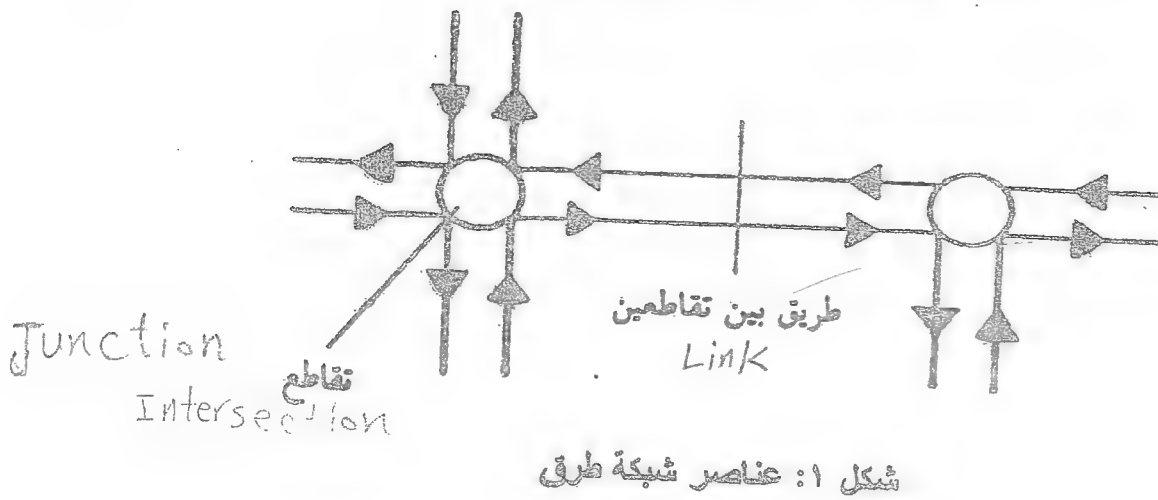
الباب الخامس

هندسة المرور

هندسة المرور

Traffic Engineering

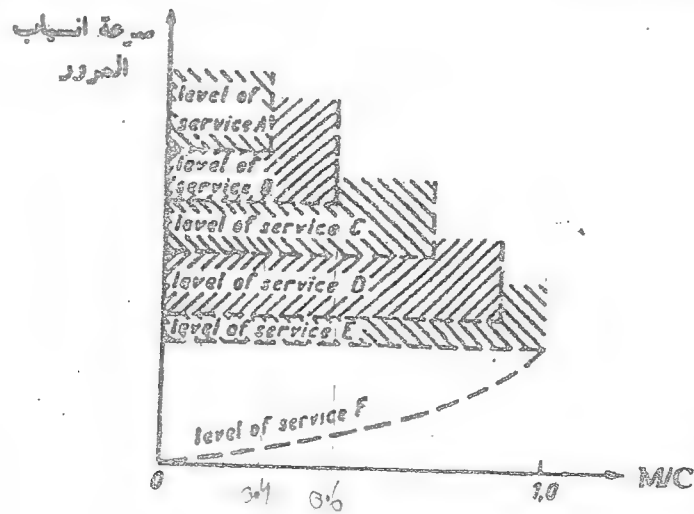
١- إنسياب حركة المرور على الطرق بين التقاطعات (شكل ١)



شكل ١: عناصر شبكة طرق

Level of Service

١-١ مستويات الخدمة (شكل ٢)



شكل ٢: مستويات الخدمة

عدد وحدات السير التي تعبر قطاعاً عرضياً على طريق ما في اتجاه معين خلال فترة زمنية محددة (حجم المرور الفعلي، وحدة سير/الساعة/الاتجاه).
 المشفوية M: Volume
 أقصى عدد من وحدات السير التي يمكن أن تعبر قطاعاً عرضياً على طريق ما (في اتجاه معين) خلال فترة زمنية محددة بمستوى خدمة مناسب "السرعة مثلاً" (وحدة سير/الساعة/الاتجاه).
 السعة C: Capacity

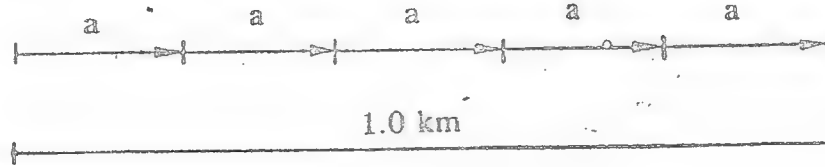
Level of Service Characteristics

خصائص مستويات الخدمة المختلفة

مستوى الخدمة	M/C	خصائص المرور
A	< 0.4	إنسياب حر، حجم المرور قليل للغاية، سرعات عالية تأخيرات غير متوقعة.
B	0.4 - 0.6	إنسياب مستقر، سرعات عالية، احتمال حدوث تأخيرات قليلة جداً (مناسب لتخطيط الطرق السريعة بين المدن).
C	0.6 - 0.8	إنسياب مستقر أيضاً، سرعات كبيرة نسبياً، تأخيرات قليلة (مناسب لتخطيط الطريق داخل المدن).
D	0.8 - 0.9	إنسياب يقترب من عدم الاستقرار، سرعات ما زالت مرتفعة نسبياً، تأخيرات قليلة.
E	0.9 - 1.0	إنسياب غير مستقر، نقاط اختناق، سرعات قليلة.
F	> 1.0	إنسياب مضطرب، شال تام، سرعات قد تقترب من الصفر Stop and Go

Traffic Density

٢-١ كثافة المرور (شكل ٣)



شكل ٣ : كثافة المرور

تعرف كثافة المرور بأعداد وحدات السير المتواجدة في اتجاه معين على جزء من طريق طوله واحد كيلو متر.

$$a = L + (v^2 \div 2b) + (v \times t) + s$$

حيث

a : البعد بين مقدمة سيارة، ومقدمة السيارة التالية (متر/وحدة سير)
 L : طول وحدة السير (متر)

- v : سرعة المسير المتوسطة (متر/الثانية)
 b : العجلة التناقصية للفرامل (متر/الثانية)^٢
 t : زمن التأثير من لحظة مشاهدة عائق لبدء فرملة وحدة السير (الثانية)
 s : مسافة أمان (المتر)

وبفرض أن :

$$C = \text{سعة الطريق (وحدة سير / الساعة)}$$

$$t_a = \text{الزمن اللازم لقطع المسافة } a$$

$$v \text{ (km/h)} = (a / t_a) \times 3.6 \rightarrow t_a = (a / v) \times 3.6$$

$$C = 3600 \div t_a \rightarrow C = 3600 v \div 3.6 a = 1000 v \div a$$

$$D = 1000 / a \rightarrow a = 1000 / D$$

$$C = (1000 \times v / 1000) \times D$$

$$C = v \cdot D$$

الوحدة
 (km/hr)
 الوحدة

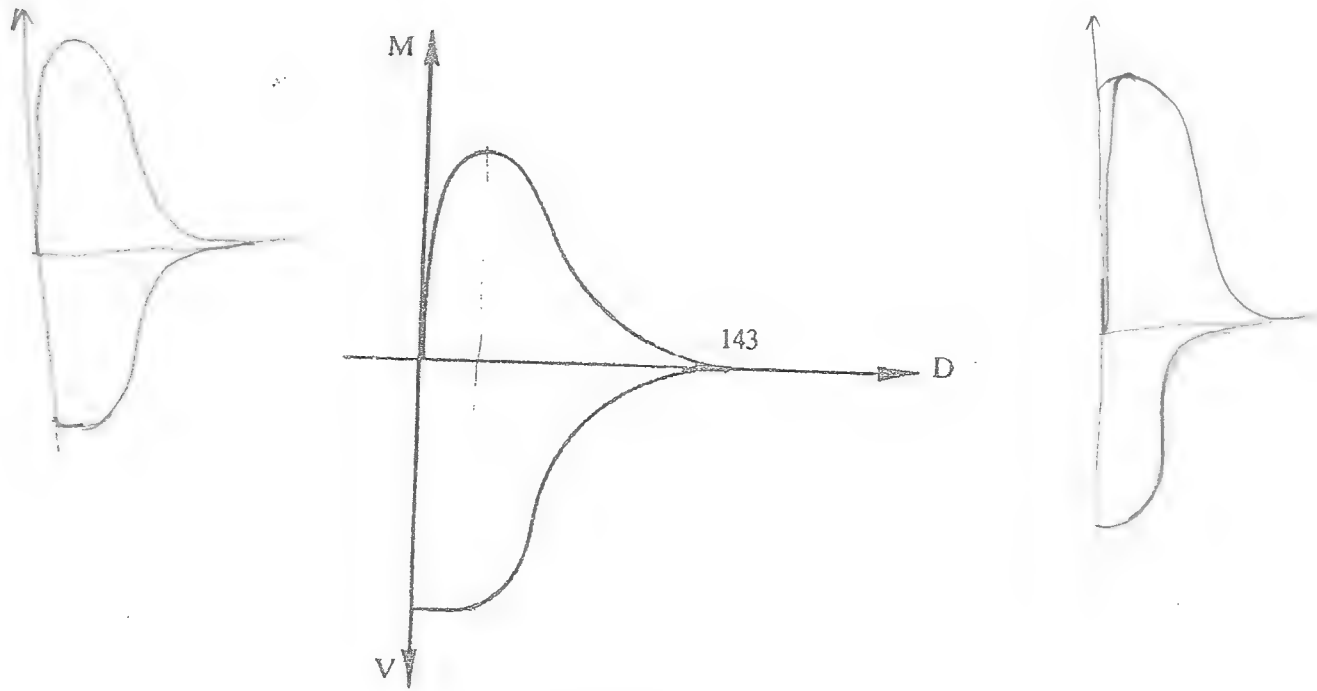
مثال

طريق سعة 2000 وحدة سير/الساعة، السرعة المتوسطة 40 كم /الساعة، احسب كثافة إنسياب المرور.

الحل

$$D = 2000 / 40 = 50 \text{ Veh./Km}$$

٣-١. العلاقة بين مشغولية طريق - كثافة المرور - السرعة (شكل ٤) V D M
 Volume-Density-Speed Relationship "Fundamental Diagram"



شكل ٤: العلاقة بين مشغولية طريق، كثافة المرور، والسرعة

كثافة مرورية قيمتها ١٤٣ وحدة سير/الكيلومتر الطولي للحارة الواحدة تعني إصابة المرور بشلل تام.

$$D = \frac{1000}{a} \quad a = \frac{1000}{D}$$

$$t_a = \frac{a}{V} = \frac{1000/D}{V} \times 3.6 = \frac{3600}{V \times D}$$

$$t_a = V \cdot D$$

$$C = V \cdot D$$

Junction

Traffic Flow at Intersections

٢- إنسياب حركة المرور عند التقاطعات

Traffic Conflicts

١-٢ نقاط التصادم المرورية (شكل ٥)

تقاطع	التحام	تفرع
منطقة تداخلات		

شكل ٥: أنواع نقاط التصادم المرورية

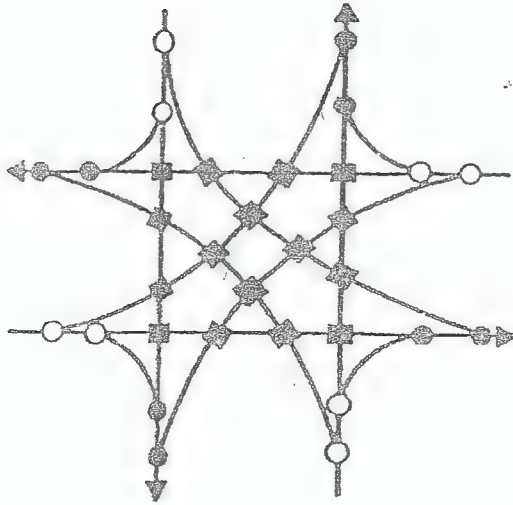
يجتوى كل تقاطع، وفقاً لاتجاهات المرور، على مجموعة من نقاط التصادم المرورية كما يتضح من الأمثلة التالية :

أمثلة

١- تقاطع على شكل حرف (+)

مسموح بالتحرك في جميع الاتجاهات

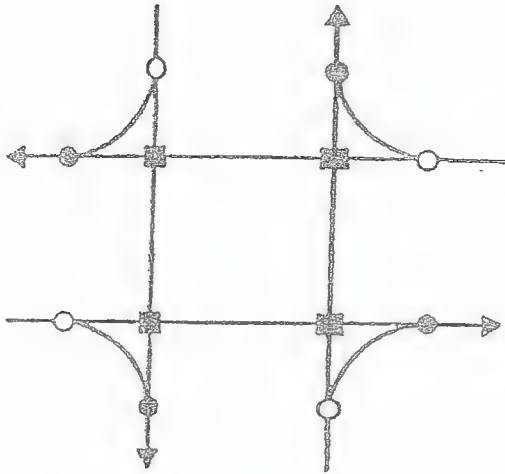
○	نقاط التفرع	٨	diverging point
●	نقاط التلاحم	٨	merging point
■	نقاط التقاطع	١٦	crossing point
	نقاط التصادم	٣٢	Conflict Points



٢- تقاطع على شكل حرف (+)

ممنوع الاتجاه لليسار

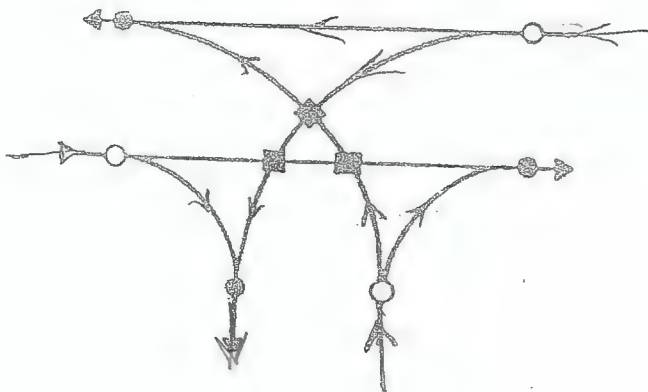
	نقاط التفرع	٤
	نقاط التلاحم	٤
	نقاط التقاطع	٤
	نقاط التصادم	١٢



٣- تقاطع على شكل حرف (T)

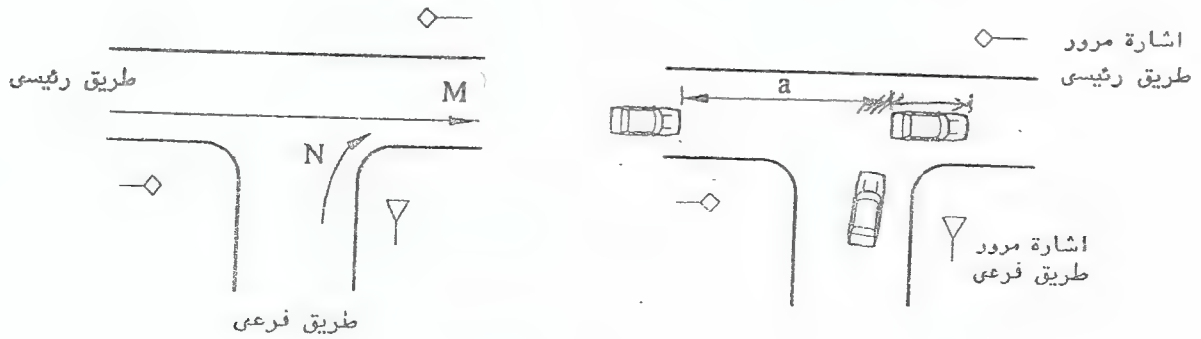
مسموح بالحركة في جميع الاتجاهات

	نقاط التفرع	٣
	نقاط التلاحم	٣
	نقاط التقاطع	٣
	نقاط التصادم	٩

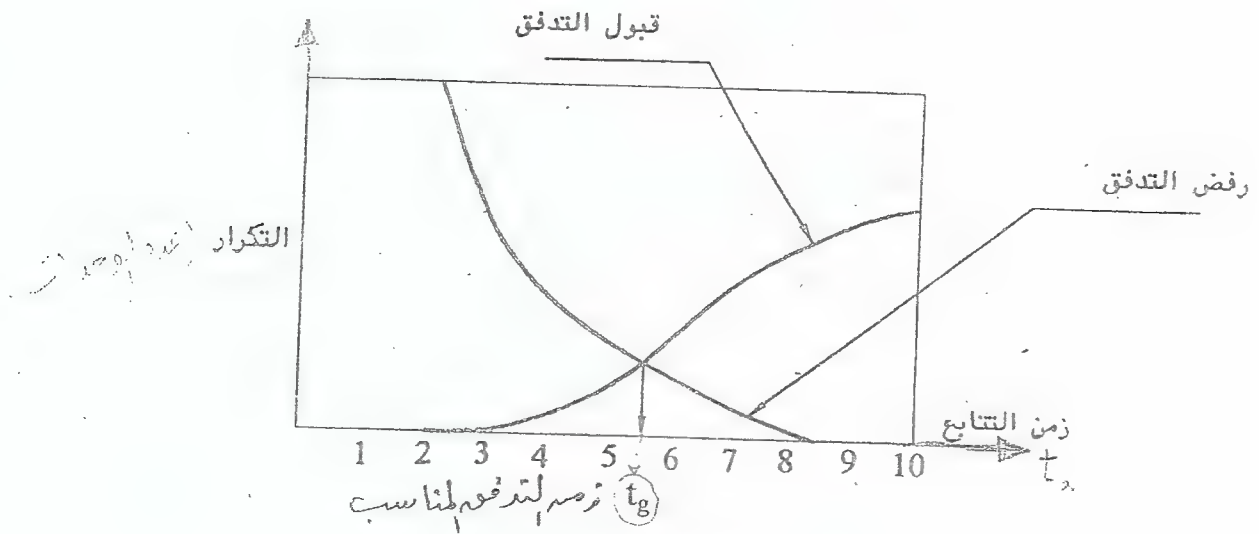


٢-٢ التقاطعات بدون إشارات مرور ضوئية (مزودة فقط بعلامات مرور) Junction
 -> Intersections with Priority Control (with Traffic Signs)

١-٢-٢ زمن التدفق (شكل ٦)



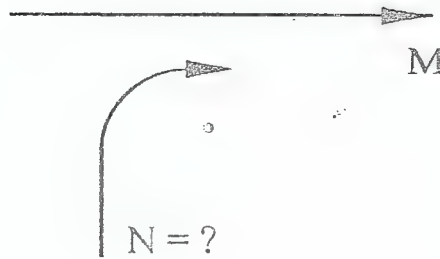
M = حجم المرور على الطريق الرئيسي (وحدة سير/الساعة)
 N = حجم المرور على الطريق الفرعي (وحدة سير/الساعة)
 a = مسافة التتابع للسيارات على الطريق الرئيسي (متر)
 t_a = الزمن اللازم لقطع المسافة a (الثانية)



شكل ٦ : زمن التدفق

يتم تحديد زمن التدفق المناسب t_g عند أي تقاطع عن طريق الرصد الميداني (شكل ٦)، حيث يتم عد وحدات السير القادمة من الطريق الفرعي، والتي تقبل أو ترفض الدخول إلى الطريق الرئيسي عند أزمنة تتابع مختلفة t_a . نقطة تقاطع المنحنيين t_g تمثل زمن التدفق المناسب للتقاطع. t_f هو زمن التدفق الفعلي لسيارة ما.

الحالة الأولى



$$N = \frac{M}{e^{\alpha} - e^{\beta}}$$

حيث

$$\alpha = M \cdot t_g / 3600$$

$$\beta = M \cdot (t_g - t_f) / 3600$$

$t_f = \text{زمن التدفق الحقيقي (الفعلي)}$

في حالة $t_f = t_g$

$$N = \frac{M}{e^{\alpha} - 1}$$

مثال

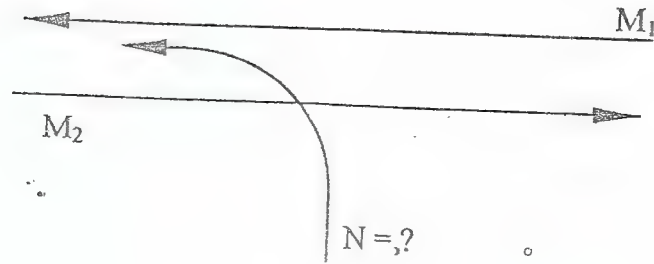
$$M = 850 \text{ Veh./h.}$$

$$t_g = 7 \text{ sec}$$

$$N = ?$$

الحل

$$N = 850 / (e^{850 \times 7 / 3600} - 1) = 203 \text{ Veh/h}$$



نفس قوانين الحالة الأولى مع مراعاة أن $M = M_1 + M_2$

مثال

احسب N إذا علم أن:
للاتجاه يساراً من الطريق الرئيسي

$$t_g = 5.0 \text{ sec.}$$

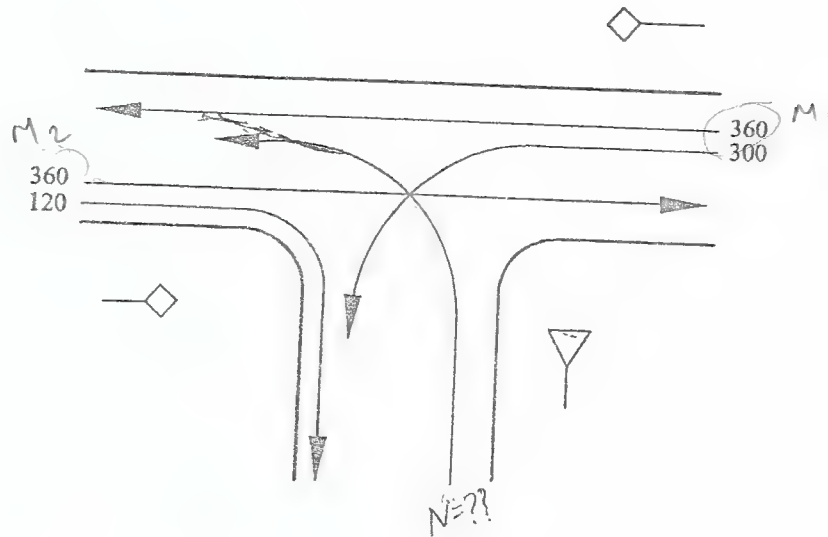
$$t_f = 3.0 \text{ sec.}$$

للاتجاه يساراً من الطريق الفرعي

$$t_g = 6.0 \text{ sec.}$$

$$t_f = 3.0 \text{ sec.}$$

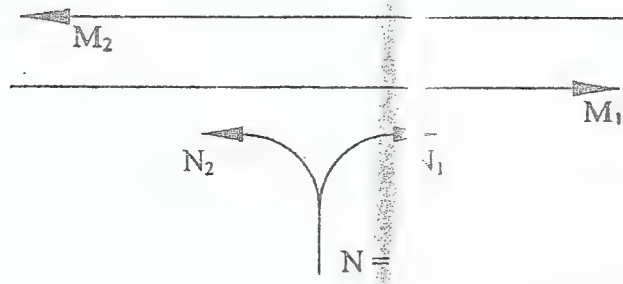
الحل



$$M = 360 + 360 + 300 = 1020 \text{ veh/h}$$

$$N = 1020 / (e^{1020 \times 6 / 600} - e^{1020 \times 3 / 3600})$$

$$= 325 \text{ Veh./h.}$$



١- تحسب N_1 كما في الحالة الأولى

٢- تحسب N_2 كما في الحالة الثانية

٣- تحسب N من العلاقة التالي

$$N = \frac{1}{(a_1 / N_1) + (a_2 / N_2)}$$

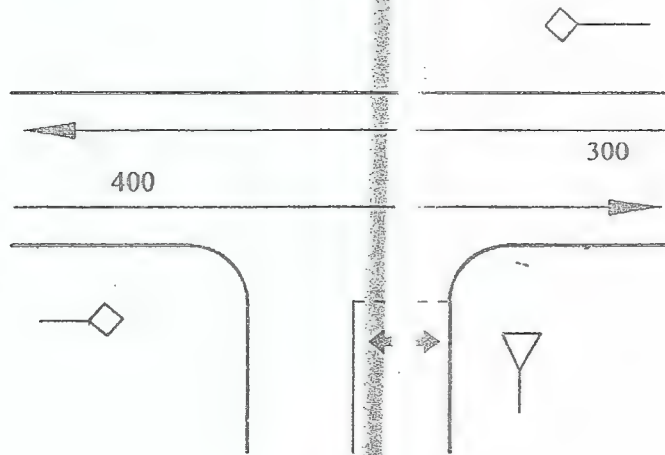
حيث a_1 & a_2 = نسب توزيع أعداد السيارات القادمة من الطريق الفرعي إلى الطريق الرئيسي في الاتجاه إلى اليمين وإلى اليسار على التوالي

مثال

احسب سعة التقاطع بالشكل التالي إذا علم أن

$$a_1 = 0.55$$

$$a_2 = 0.44$$



للإتجاه من الطريق الفرعي للطريق الرئيسي جهة اليمين

$$t_g = 5.0 \text{ sec.}$$

$$t_f = 3.0 \text{ sec.}$$

للإتجاه من الطريق الفرعي للطريق الرئيسي جهة اليسار

$$t_g = 6.0 \text{ sec.}$$

$$t_f = 3.0 \text{ sec.}$$

الحل

$$N_1 = 810 \text{ Veh./h}, M_1 = 400 \text{ Veh./h}$$

$$N_2 = 493 \text{ Veh./h}, M_2 = 700 \text{ Veh./h}$$

$$N = 1 \div \{(0.55 \div 810) + (0.45 \div 493)\} = 628 \text{ Veh./h.}$$

$$\therefore \text{سعة التقاطع} = 700 + 628 = 1328 \text{ وحدة سير/الساعة}$$

٣-٢-٢ التأخيرات المتوقعة

لحساب متوسط التأخيرات لوحدة السير الواحدة المتواجدة بالطريق الفرعي نتيجة التدفق إلى الطريق الرئيسي يمكن إتباع الطريق التالية:

$$\lambda_1 = \frac{N_{\text{فعلي}}}{3600}$$

$$\lambda_2 = \frac{N_{\text{مناسب}}}{3600}$$

ملحوظة : $N_{\text{مناسب}}$ هي المحسوبة من المعادلات بالحالات من ١ إلى ٣

$$\rho = \lambda_1 / \lambda_2 = \frac{N_{\text{فعلي}}}{N_{\text{مناسب}}}$$

التأخيرات الكلية بالساعة

$$W = \frac{\rho}{1 - \rho} \text{ (hours)}$$

التأخيرات المتوسطة لوحدة السير الواحدة (بالثانية)

$$t_w = \frac{3600W}{N_{\text{فعلي}}} \text{ (sec/Veh)}$$

احسب متوسط التأخيرات لوحدة سير عند تقاطع بدون إشارات مرور ضوئية، إذا علم أن:

$$N_{\text{فعلي}} = 300 \text{ Veh./h.}$$

$$N_{\text{مناسب}} = 350 \text{ Veh./h.}$$

الحل

$$\lambda_1 = 300/3600$$

$$\lambda_1 = \frac{N_{\text{فعلي}}}{3600} = \frac{300}{3600}$$

$$\lambda_2 = 350/3600$$

$$\lambda_2 = \frac{N_{\text{مناسب}}}{3600} = \frac{350}{3600}$$

$$\rho = 300/350 = 0.857$$

$$\rho = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{300}{350} = 0.857$$

$$W = 5.99 \text{ h.}$$

$$W = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.857}{1-0.857} = 5.99 \text{ h.}$$

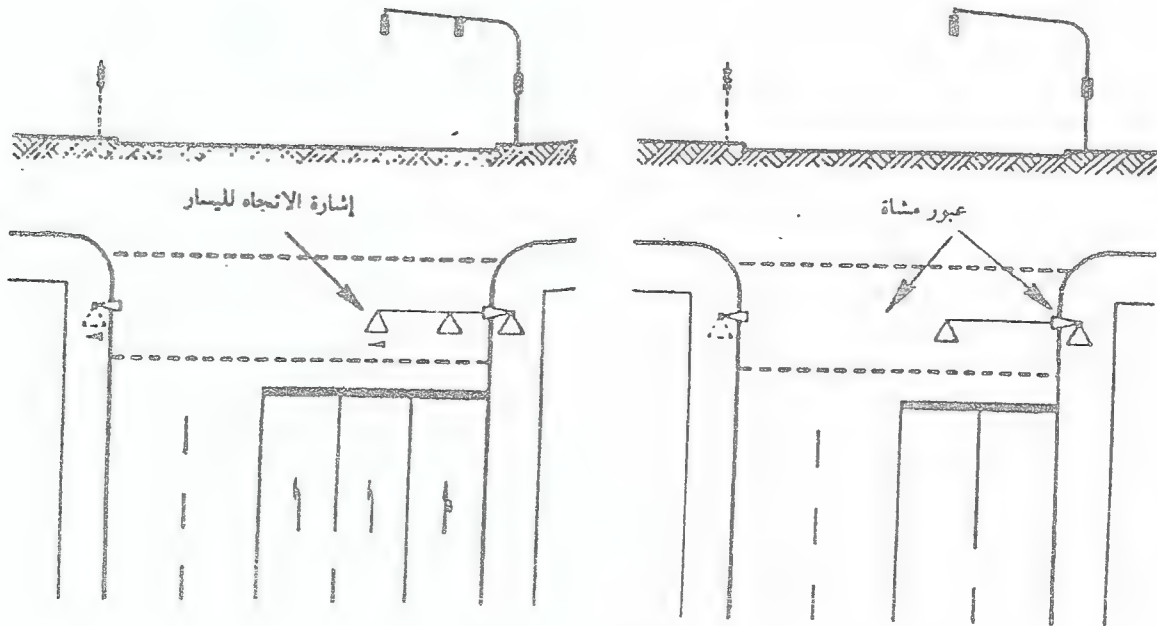
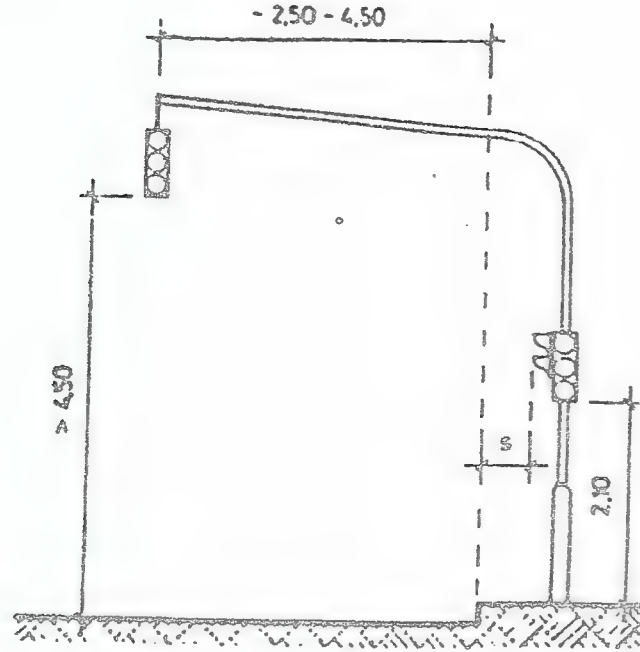
$$t_w = 71.9 \text{ sec/Veh.}$$

$$t_w = \frac{3600 W}{N_{\text{فعلي}}} = \frac{3600 \times 5.99}{300} = 71.9 \text{ sec/veh}$$

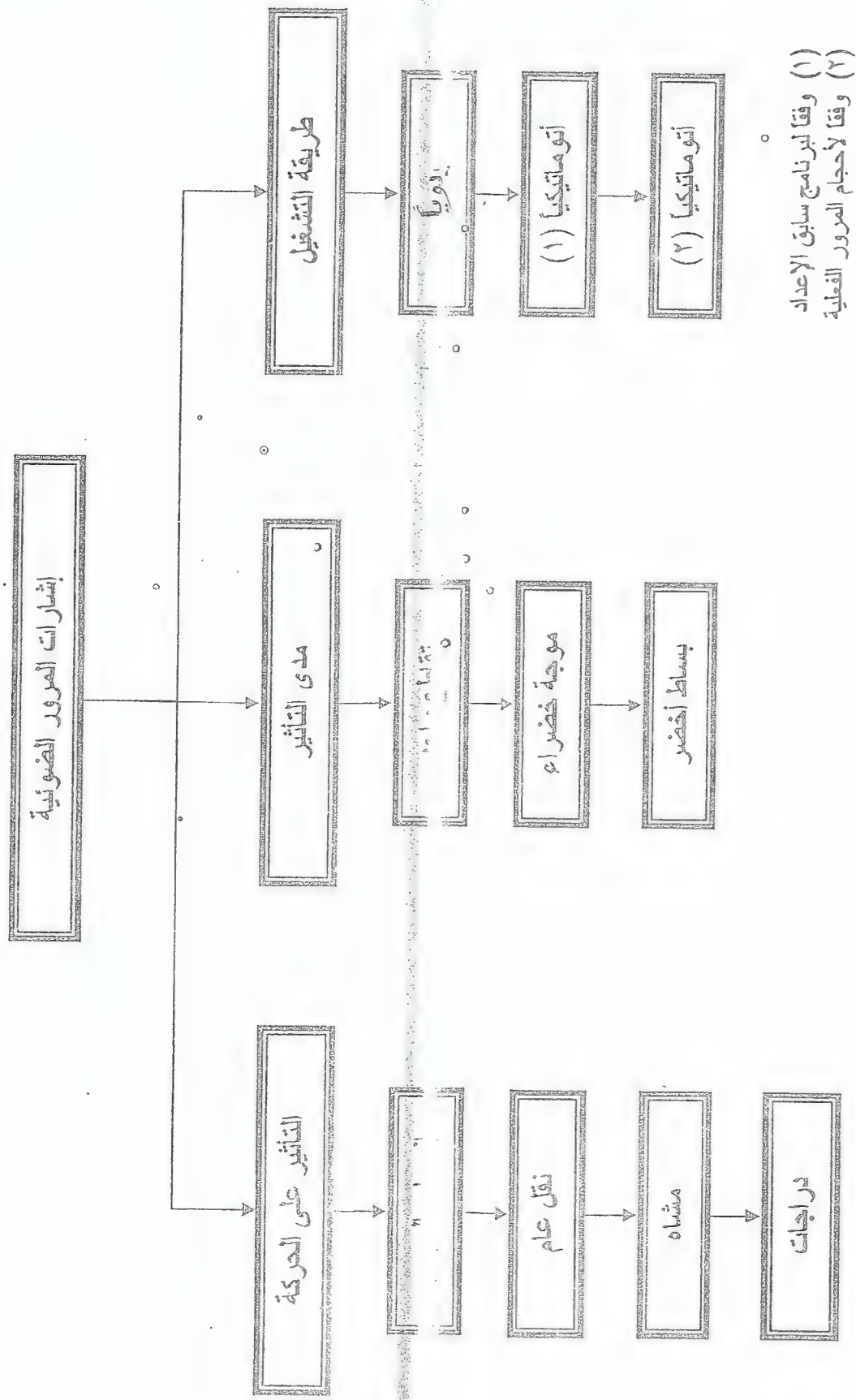
Isolated Traffic Signal Intersections (Fixed Time Signals)

أنواع إشارات المرور الضوئية (شكل ٧ - شكل ٨)

١-٣-٢

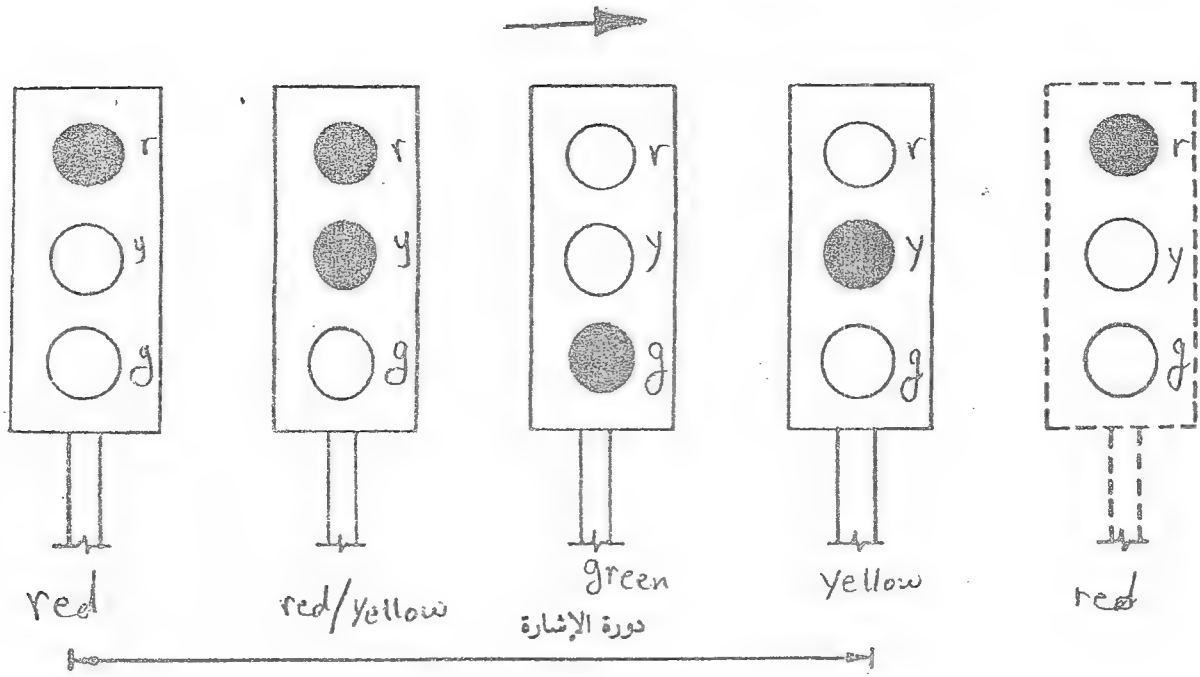


شكل ٧: إشارات المرور



(١) وفقاً لبرنامج سابق الإعداد
(٢) وفقاً لأحجام المرور الفعلية

شكل ٨: أنواع إشارات المرور الضوئية



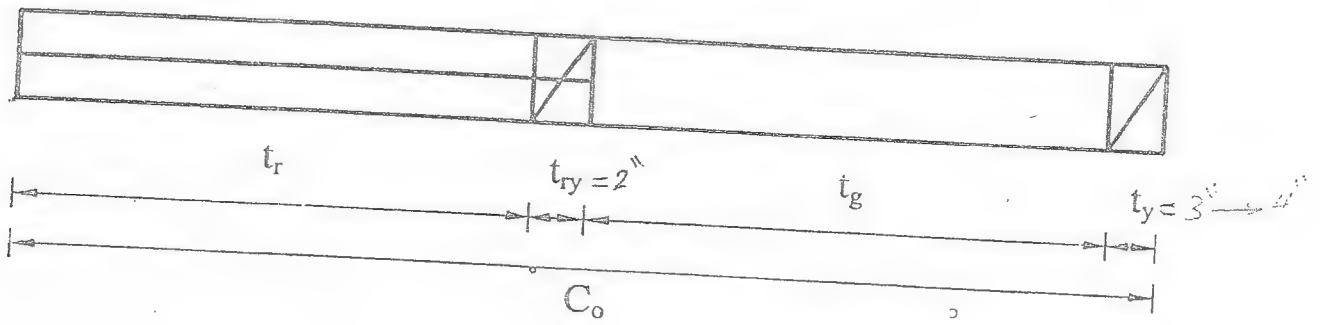
شكل ٩ : دورة إشارة المرور

Red (r): mandatory STOP

Red/Yellow (r y): Still STOP, but advises "prepare to go"

Green (g): GO, if safe to do so

Yellow (y): STOP, unless unsafe to do so



$$\begin{aligned} C_0 &= \text{زمن دورة الإشارة} \\ t_r &= \text{زمن الضوء الأحمر} \\ t_g &= \text{زمن الضوء الأخضر} \\ t_{ry} &= \text{زمن الضوء الأحمر/أصفر} \\ t_y &= \text{زمن الضوء الأصفر} \end{aligned}$$

شكل ١٠: دورة إشارة مرور ضوئية

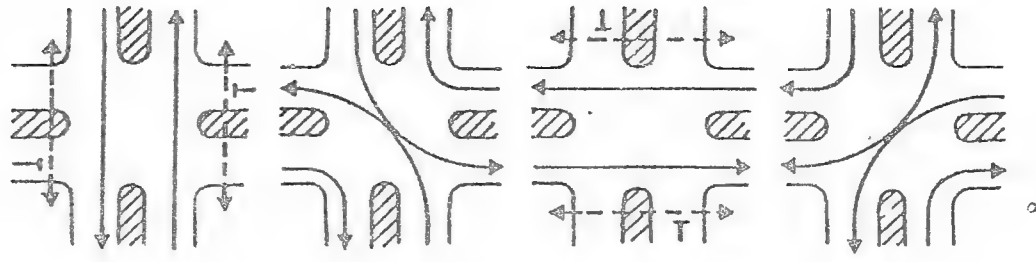
دورة الإشارة هي الفترة الزمنية بين بداية ظهور ضوء بلون معين لأحد اتجاهات الحركة عند تقاطع ما وبداية ظهور نفس الضوء ذات الاتجاه مرة أخرى.

يتوقف زمن الضوء الأصفر على سرعة المسير المسموح بها:

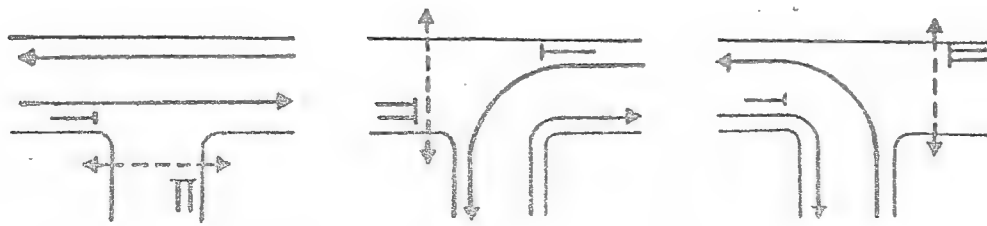
زمن الضوء الأصفر	سرعة المسير
٣ ثانية	٥٠ كم / الساعة
٤ ثانية	٦٠ كم / الساعة
٥ ثانية	٧٠ كم / الساعة

هذا ويبلغ زمن الضوء أحمر/أصفر ثانية واحدة، ويجب ألا يتعدى ثانيتين. ويتراوح زمن دورة الإشارة بين:

٣٠	أقل زمن دورة
٥٠ - ٧٠	زمن الدورة في المتوسط
٩٠ - ١٢٠	أقصى زمن دورة



تقاطع +



تقاطع T

مسار المركبات —————
مسار المشاة - - - - -

شكل ١١: برنامج إشارات المرور الضوئية

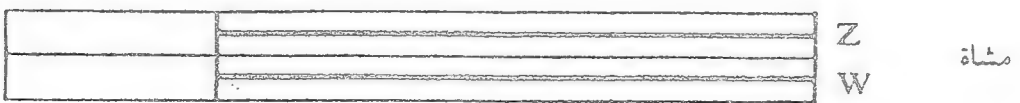
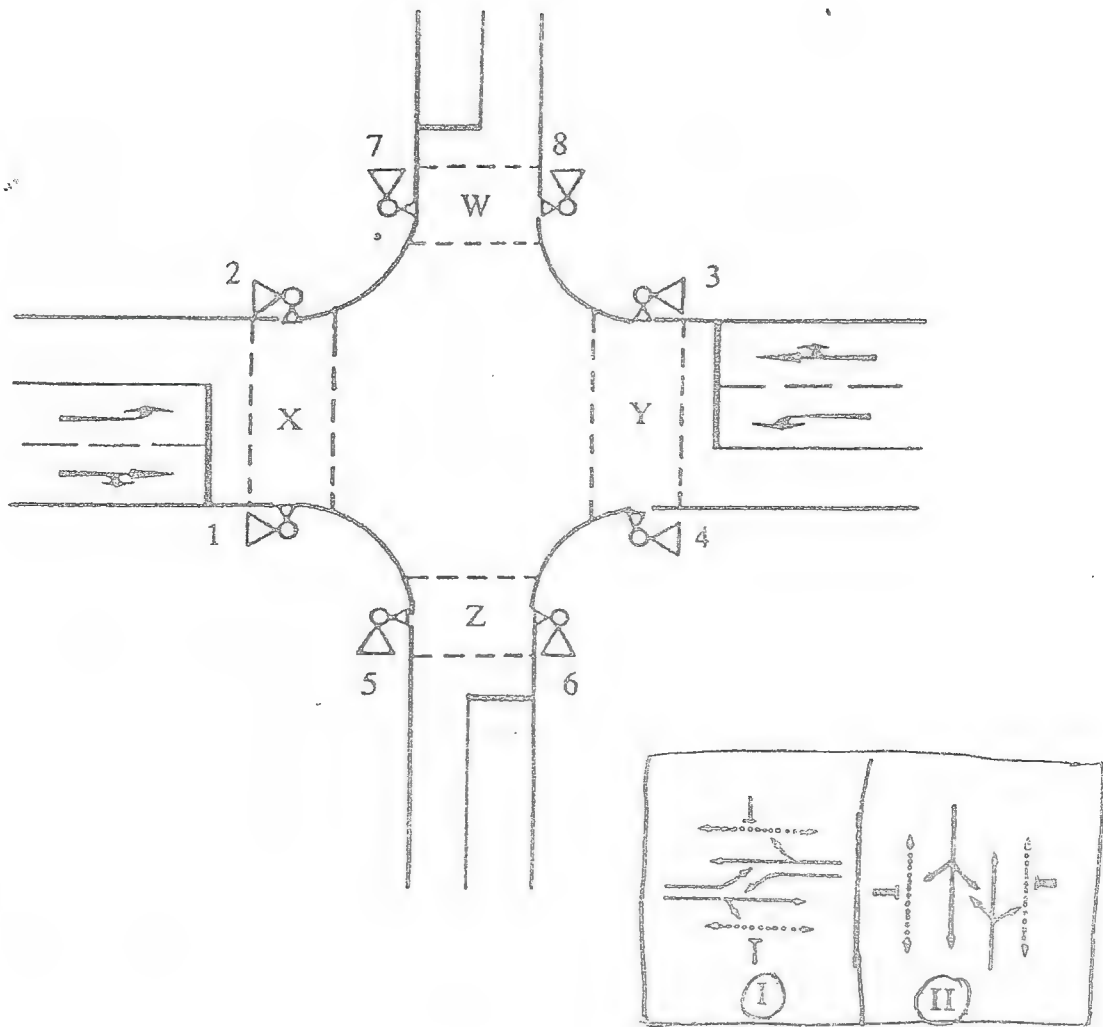
لتنظيم حركة المرور عند تقاطع ما باستخدام إشارة مرور ضوئية يمكن أن يحوي برنامج الإشارة أكثر من ٢ طور Phase، لفصل الاتجاهات وتقليل نقاط التصادم المرورية، أو منع حدوثها نهائياً، كذلك لفصل حركة مرور السيارات عن حركة المشاة والدراجات.

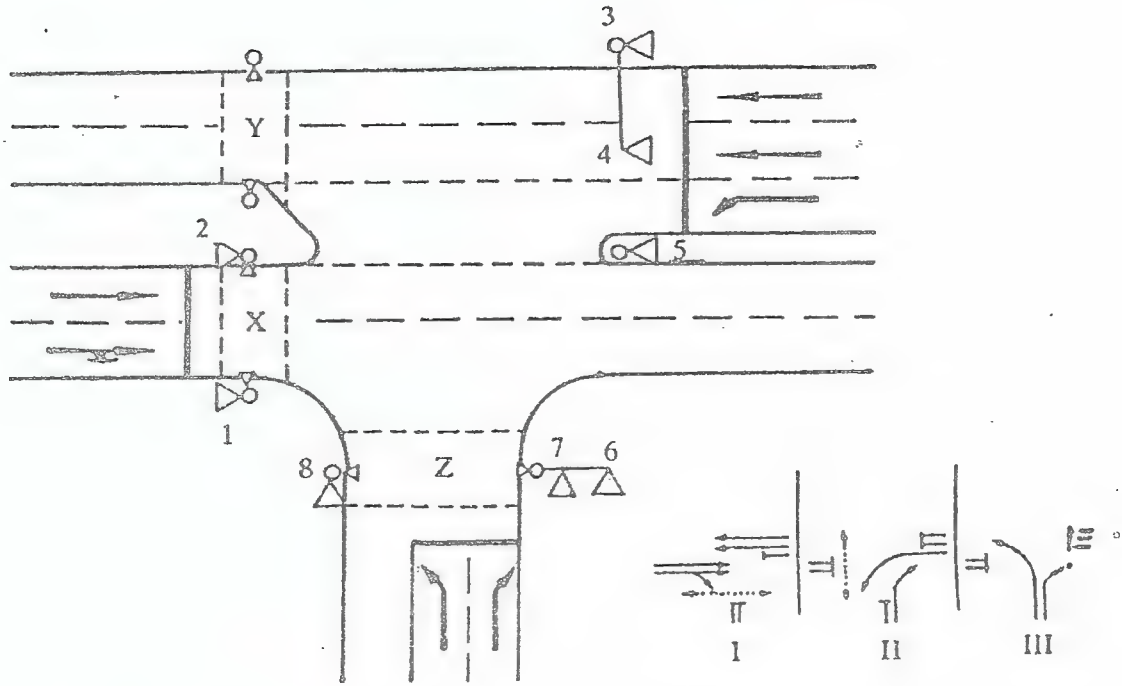
لمنع حدوث أى نقاط تصادم مرورية وفصل حركة مرور السيارات عن حركة المشاة والدراجات، فإن عدد الأطوار اللازمة لإشارة مرور ضوئية يبلغ:

● ٤ أطوار لتقاطع +

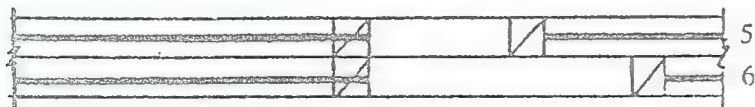
● ٢ طور لتقاطع T

وفيما يلي مجموعة من الأمثلة تبين برامج مختلفة لإشارات مرور وتتابع الأطوار بها:





I



II



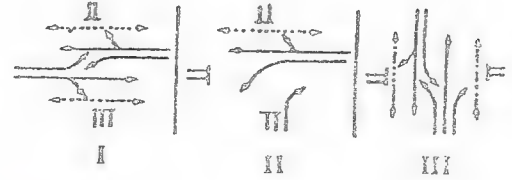
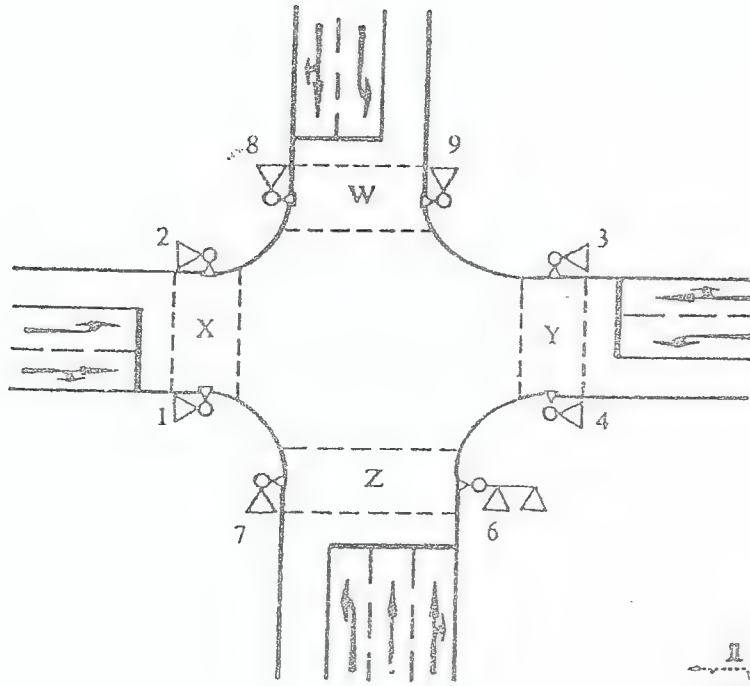
III



مشاة



مشاة



الاتجاه لليمين



مشاة



مشاة

لحساب زمن الدورة يجب تحديد كل من :

- الزمن المفقود (L)

- حجم التشبع (S)

الزمن المفقود L

ويشمل زمن الضوء الأصفر وزمن الضوء الأحمر/الأصفر، كذلك الزمن الضائع نتيجة تغيير الأطوار ببرامج الإشارة، ويمكن تقدير الزمن المفقود باستخدام المعادلة التالية:

$$L = 2n + R$$

حيث

n = عند الأطوار

$$R = \text{مجموع أزمنة الضوء (الأحمر/الأصفر)} + \text{مجموع أزمنة الضوء (الأخضر/الأصفر)}$$

حجم التشبع S

هو أقصى عدد من وحدات السير المكافئة "Equivalent Passenger Car Unit" PCU التي تعبر تقاطع ما في الحارة الواحدة في اتجاه ما خلال ساعة واحدة (دون التأثير بالإشارة)، ويمكن تحديد حجم التشبع عن طريق عد الأنواع المختلفة لوحدات السير المتحركة في اتجاه معين خلال فترة زمنية محددة بعد حوالي خمس ثوان من ظهور الضوء الأخضر لضمان عدم تأثرها بالإشارة، ثم يمكن حساب التشبع باستخدام المعدلات التالية:

دراجة، دراجة بخارية	٠,٥	وحدة سير مكافئة
سيارة، تاكسي	١,٠	وحدة سير مكافئة
ميكروباس، نصف نقل	١,٥	وحدة سير مكافئة
أتوبيس، لوري	٢,٢٥	وحدة سير مكافئة
لوري بمقطورة	٣,٥٠	وحدة سير مكافئة
كارو	٦,٠٠	وحدة سير مكافئة

وفي حالة عدم إمكانية العد عند التقاطع، يمكن تقدير حجم التشبع النظري على طريق أفقي عرضه ٣,٥٠ - ٣,٥٠ متر للمرور الطوالي بحوالي ١٨٠٠ وحدة سير مكافئة/الساعة (فرضاً)، ويتأثر حجم التشبع بكل من :

- عرض الطريق
- تركيبة المرور
- إنحدار الطريق
- نصف قطر منحنى الدوران (في حالة الاتجاه لليمين أو اليسار)

والجدول التالي يوضح معاملات التأثير على الحجم النظري للتشبع في حالة تغير عرض الطريق، تركيبة المرور، إنحدار الطريق، ونصف قطر منحنى الدوران.

المؤثرات	معامل التأثير
١- عرض الطريق	
٢,٥٠ متر	٠,٨٥
٢,٧٥ متر	٠,٩٠
٣,٠٠ - ٣,٥٠ متر	١,٠٠
٤,٠٠ متر أو أكثر	١,١٥
٢- تركيبة المرور	
١٠% لوريات	٠,٩٠
٢٠% لوريات	٠,٨٥
٣٠% لوريات	٠,٨٠
٣- إنحدار الطريق	
إنحدار صاعد ٥%	٠,٨٥
إنحدار صاعد ٣%	٠,٨٩
إنحدار هابط ٥%	١,١٥
إنحدار هابط ٣%	١,٠٩
٤- نصف قطر منحنى الدوران	
١٠ متر	٠,٨٠
١٥ متر	٠,٩٠
٢٠ متر	٠,٩٣
٣٠ متر	٠,٩٥

مثال

أحسب حجم التشبع في حالة وجود نسبة ٣٠% من اللوريات على طريق عرضه ٢,٧٥ متر

الحل

نفرض حجم التشبع النظري ١٨٠٠ وحدة سير مكافئة/الساعة

∴ حجم التشبع لطريق عرضه ٢,٧٥ متر = $١٨٠٠ \times ٠,٨٠ \times ٠,٩٠$

= ١٢٩٦ وحدة سير مكافئة/الساعة

زمن دورة الإشارة C_o

لحساب زمن دورة إشارة مرور (بالثانية) يمكن إستخدام العلاقة التالية:

$$C_o = \frac{1.5 L + 5}{1 - Y}$$

حيث

L = الزمن المفقود (بالثانية)

Y = مدى تشبع التقاطع

ويمكن حساب مدى التشبع Y كما يلي:

١- النسبة y هي حجم المرور الفعلي q على حجم التشبع S لكل إتجاه بكل طور

$$y = q \div s$$

٢- يحدد y_{max} لكل طور

٣- يحسب Y من العلاقة التالية:

$$Y = \sum y_{max}$$

زمن الضوء الأخضر

يمكن حساب زمن الضوء الأخضر بكل طور من أطوار إشارة مرور من العلاقة التالية:

$$t_g = \frac{y_{max}(C_o - L)}{Y} - 1 \quad (\text{sec})$$

٢-٢-١ التأخيرات المتوقعة

يحسب متوسط زمن التأخيرات لكل وحدة سير عند تقاطع نتيجة وجود إشارات مرور ضوئية من العلاقة التقريبية الآتية:

$$t_w = 0.9 \left(\frac{S(C - t_g)^{(2)}}{2C(S - q)} + \frac{1800qC^{(2)}}{t_g S(t_g S - qC)} \right)$$

حيث

$$t_w = \text{متوسط التأخيرات لكل وحدة سير بالثانية}$$

$$C = \text{زمن الدورة بالثانية}$$

$$t_g = \text{زمن الضوء الأخضر بالثانية}$$

$$q = \text{حجم المرور الفعلي (وحدة سير/الساعة)}$$

$$S = \text{حجم التشبع (وحدة سير/الساعة)}$$

وهنا يجب مراعاة أن وحدات حجم المرور الفعلي وحجم التشبع هو (وحدة سير/الساعة) ليست (وحدة سير مكافئة/الساعة).

مثال

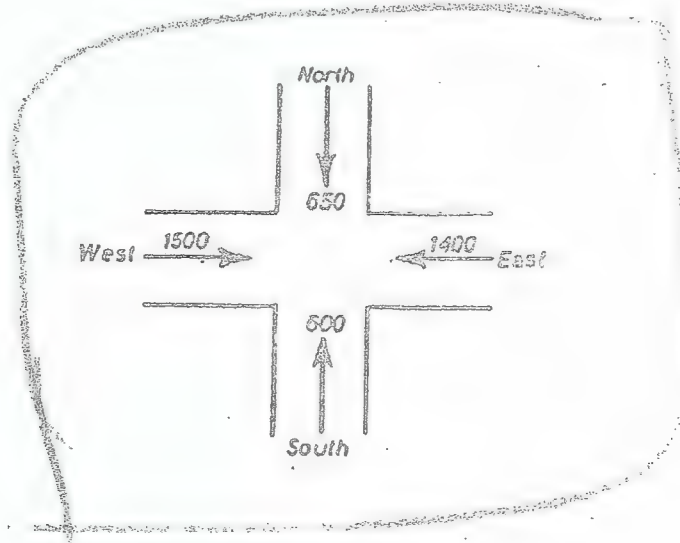
تقاطع: ربعين على شكل (+) يتم التحكم في حركة إنسياب المرور عند التقاطع باستخدام إشارة مرور: ثنائية ثنائية. الجدول يوضح أحجام المرور الفعلية وأحجام التشبع للإتجاهات المختلفة

الغرب	الشرق	الجنوب	الشمال	
حجم المرور الفعلي	٦٥٠	٦٠٠	١٤٠٠	١٥٠٠ وحدة سير مكافئة/الساعة
حجم التشبع	١٨٥٠	١٩٠٠	٣٨٥٠	٣٨٥٠ وحدة سير مكافئة/الساعة

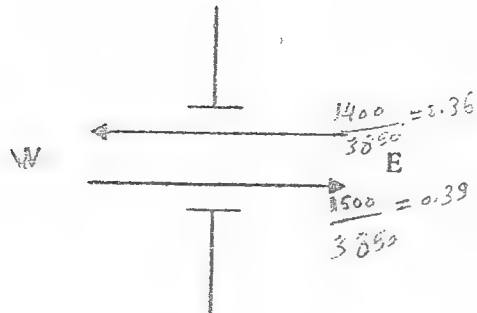
المطلوب:

١- حساب الأزمنة المختلفة لدورة هذه الإشارة، إذا علم أنه غير مصرح عند هذا التقاطع بالاتجاه إلى اليمين أو إلى اليسار

٢- حساب متوسط زمن التأخيرات لكل وحدة سير في الاتجاه من الشمال للجنوب نتيجة هذه الإشارة

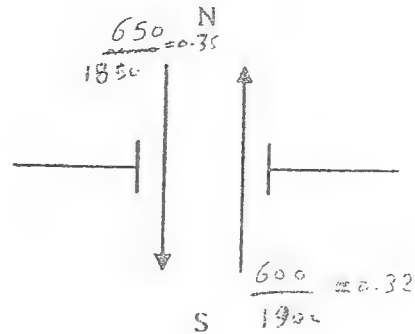


	N	S	E	W
q (PCU)	650	600	1400	1500
S(PCU)	1850	1900	3850	3850
$y = q \div S$	0.35	0.32	0.36	0.39
y_{\max}	0.35		0.39	
$Y = \sum y_{\max}$	0.74			



الطور الثاني

$$Y_{max_2} = 0.39$$



الطور الأول

$$Y_{max_1} = 0.35$$

بفرض أن زمن الضوء الأصفر "٣"

زمن الضوء أحمر/أصفر "٢"

$$R = 3 + 2 = 5 \text{ sec}$$

$$n = 2$$

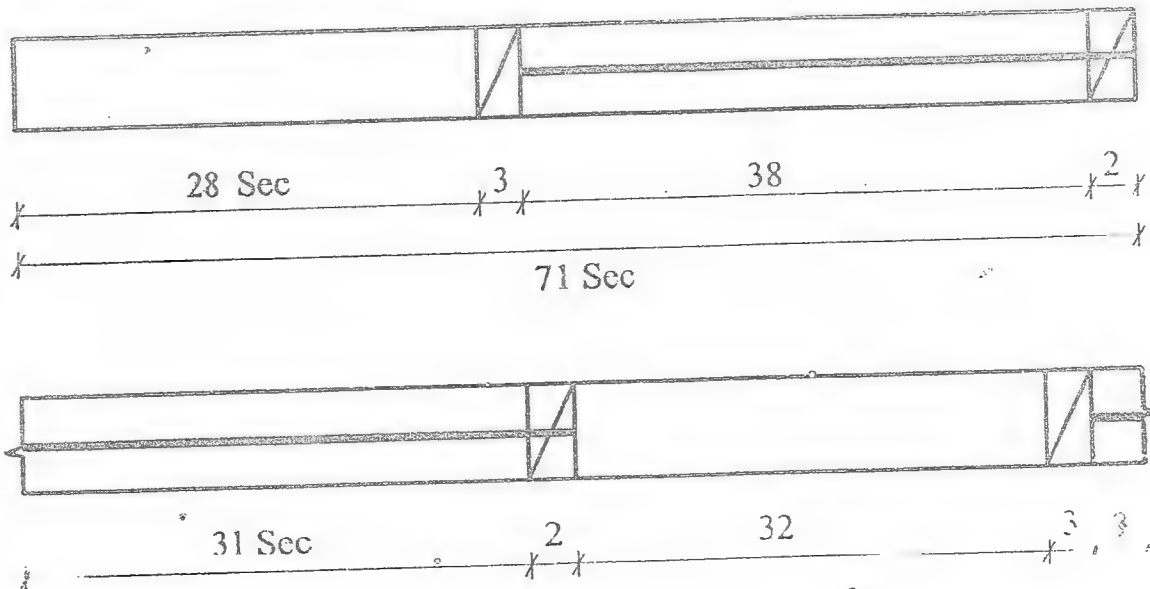
$$L = (2 \times 2) + 5 = 9 \text{ sec.}$$

إشارة المرور ثنائية

$$C_o = [(1.5 \times 9) + 5] \div (1 - 0.74) = 71 \text{ sec}$$

$$t_{g \text{ NS}} = \frac{0.35(71-9)}{0.74} - 1 = 28 \text{ sec}$$

$$t_{g \text{ EW}} = \frac{0.39(71-9)}{0.74} - 1 = 32 \text{ sec}$$



حساب متوسط زمن التأخيرات لوحدة السير في الإتجاه من الشمال للجنوب، بفرض أن وحدة سير مكافئة = 1.12 وحدة سير

$$q_{NS} = 650 / 1.12 = 850 \text{ Veh./h}$$

$$S_{NS} = 1850 / 1.12 = 1650 \text{ Veh./h}$$

$$t_{wNS} = 0.9 \left\{ \frac{1650 (71 - 28)^2}{2 \times 71 (1650 - 580)} + \frac{1800 \times 580 \times (71)^2}{28 \times 1650 [(28 \times 1650) - (580 \times 71)]} \right\}$$

$$= 39 \text{ seconds delay per Vehicle}$$

يقصد بنظام الموجة الخضراء على طريق ما هو وجود تنسيق بين برامج إشارات المرور عند جميع تقاطعات الطريق، بحيث تتحرك دفعات (موجات) من وحدات السير عليه دون الحاجة للتوقف بسبب إشارات المرور، فتكون أضواء إشارات المرور أمام كل موجة من وحدات السير دائماً خضراء .

ولتحقيق ذلك يفترض أن موجات وحدات السير في الاتجاهين على الطريق الرئيسي تتحرك بسرعة إنسياب ثابتة (سرعة الموجة) V .

وبذلك يكون للإشارات على جميع التقاطعات على الطريق نفس الدورة C ، كذلك يكون زمن الضوء الأخضر (عرض الموجة) t_{gH} ثابت لإتجاهي الحركة على الطريق الرئيسي.

وهذا ويستغل جزء من الضوء الأحمر لإتجاهي الحركة على الطريق الرئيسي كزمن الضوء الأخضر t_{gL} للمرور القادم من الطريق العرضية.

العلاقة بين زمن الدورة C (بالثانية)، سرعة الموجة V (كم/الساعة)، والمسافة بين محاور الطرق العرضية L (بالمتر) - بفرض أنها متساوية:

$$C = 7.2 L / V$$

عرض الموجة الخضراء t_{gH} (بالثانية):

$$t_{gH} = \left(\frac{M_H \times C}{3600} + Z \right) \times t_a$$

حيث :

M_H = حجم المرور لكل حارة على الطريق الرئيسي (وحدة سير/الساعة)

Z = معامل أمان (يؤخذ ٢ - ٣ ثانية)

t_a = زمن تتابع وحدات السير على الطريق الرئيسي (تفرض ٢ ثانية)

زمن الضوء الأخضر للمرور القادم من كل طريق عرضي t_{gL} (بالثانية):

$$t_{gL} = C - t_{gH} - 2t$$

حيث t = الزمن البيني بين الضوء الأخضر للمرور على الطريق الرئيسي وبداية الضوء الأخضر للمرور القادم من الطريق العرضية (يؤخذ ٥ - ٧ ثانية)

ولضمان تصريف أحجام المرور القادمة من الطرق العرضية، فإن أقل زمن ضوء أخضر لإشارات مرور الطرق العرضية t_{gLmin} (بالثانية) يمكن حسابه من العلاقة الآتية:

$$t_{gLmin} = \left(\frac{M_L \times C}{3600} \right) \cdot t_a$$

حيث M_L = حجم المرور لكل حارة بالطريق العرضية (وحدة سير/الساعة).

مثال

مطلوب رسم العلاقة بين المسافة والزمن لنظام الموجة الخضراء على طريق رئيسي، المسافة بين الطرق العرضية عليه متساوية وقيمتها ٥٠٠ متر، إذا علم أن سرعة الموجة ٤٥ كم/الساعة، حجم المرور على الطريق الرئيسي ٤٠٠ وحدة سير/الساعة/الاتجاه، حجم المرور على الطرق الفرعية متساوية وقيمة كل منها ٢٢٥ وحدة سير/الساعة/الاتجاه.

الحل

$$C = 7.2 \times 500 / 45 = 80 \text{ sec.}$$

$$t_{gH} = \left(\frac{400 \times 80}{3600} + 3 \right) \times 2 = 24 \text{ sec.}$$

$$t_{gL} = 80 - 24 - 2(7) = 42 \text{ sec.}$$

$$t_{gLmin} = \left(\frac{225 \times 80}{3600} \right) \times 2 = 10 \text{ sec.}$$

$$t_{gLmin} = t_{gL} - 7.2 \frac{\Delta l_{max}}{V}$$

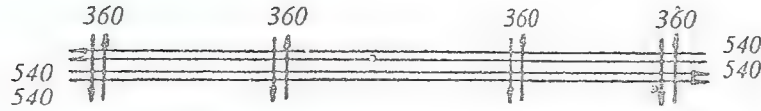
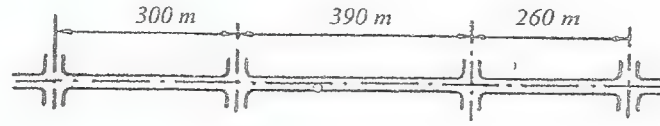
$$10'' = 42'' - 7.2 \frac{\Delta l_{max}}{45}$$

$$\Delta l_{max} = 200 \text{ m} \quad \checkmark$$

$$l_{max} = l + 2 \Delta l_{max} = 500 + 2 \times 200 = 900 \text{ m}$$

$$l_{min} = l - 2 \Delta l_{max} = 500 - 2 \times 400 = 100 \text{ m}$$

طريق رئيسي مكون من حارتين لكل إتجاه، يتقاطع معه مجموعة من الطرق العرضية، المسافة بين المرور وأحجام المرور وحدة سير/الساعة (موضحة بالشكل التالي:



تحقق من إمكانية تطبيق نظام الموجة الخضراء السابق، إذا علم أن سرعة الموجة الخضراء ٥٠ كم/الساعة (١٤ متر /الثانية)، وزمن الدورة ٥٠ ثانية.

الحل

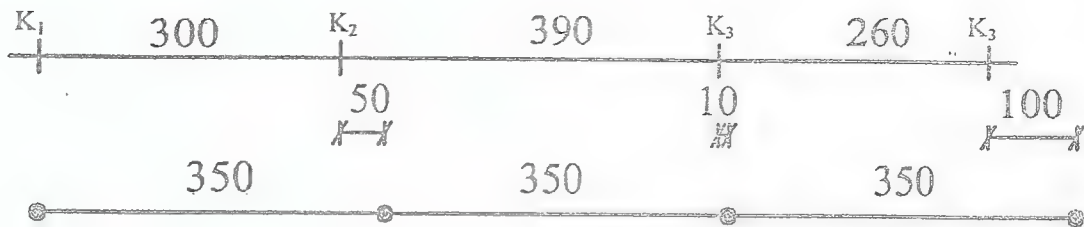
$$t_{gH} = \left(\frac{450 \times 50}{3600} + 2 \right) \times 2 = 19 \text{ sec.}$$

$$t_{gL} = 50 - 19 - 2(5) = 21 \text{ sec.}$$

$$t_{gLmin} = \frac{360 \times 50}{3600} \times 2 = 10 \text{ sec.}$$

$$L = 50 \times 50 / 7.2 = 347.2 \text{ m}$$

تؤخذ ٣٥٠ متر



المحاولة الأولى لتطبيق نظام الموجة الخضراء

$$K_1 \rightarrow \Delta L = 0 \text{ m}$$

$$t_{gL1} = 21 \text{ sec}$$

$$K_2 \rightarrow \Delta L = 50 \text{ m}$$

$$t_{gL2} = 21 - (2 \times 50 / 14) = 13 \text{ sec}$$

$$K_3 \rightarrow \Delta L = 10 \text{ m}$$

$$t_{gL3} = 21 - (2 \times 10 / 14) = 20 \text{ sec}$$

$$K_4 \rightarrow \Delta L = 100 \text{ m}$$

$$t_{gL4} = 21 - (2 \times 100 / 14) = 6.5 \text{ sec.} < t_{gL \text{ min}}$$

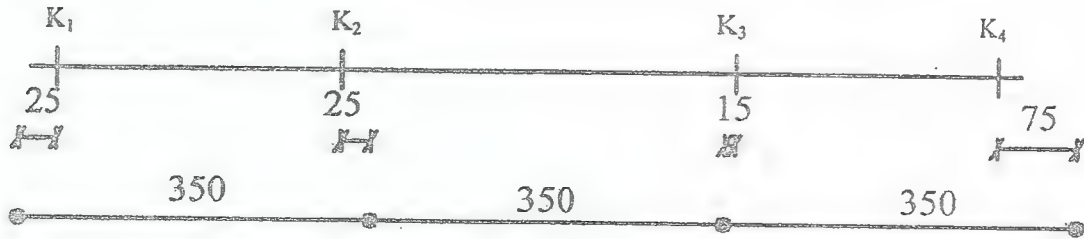
وعلى ذلك يكون هذا النظام غير مناسب

المحاولة الثانية لتطبيق نظام الموجة الخضراء

$$K_4 \rightarrow t_{gL \text{ min}} = 10 \text{ sec} = 21 - (2 \times \Delta L / 14)$$

$$\Delta L = 77 \text{ m}$$

تؤخذ $\Delta L = 75 \text{ m}$ للآمان



$$K_1 \rightarrow \Delta L = 25 \text{ m}$$

$$t_{gL1} = 21 - (2 \times 25 / 14) = 17 \text{ sec}$$

$$K_2 \rightarrow \Delta L = 25 \text{ m}$$

$$t_{gL2} = 17 \text{ sec}$$

$$K_3 \rightarrow \Delta L = 10 \text{ m}$$

$$t_{gL3} = 21 - (2 \times 10 / 14) = 19 \text{ sec}$$

$$K_4 \rightarrow \Delta L = 75 \text{ m}$$

$$t_{gL4} = 21 - (2 \times 75 / 14) = 10 \text{ sec}$$

ملحوظة

في حالة وجود جزء من طريق بين تقاطعين، يختلف طوله كثيراً عن باقي أجزاء الطريق، مما يجعل هناك صعوبة في تنفيذ نظام الموجة الخضراء بالإسلوب سابق الذكر، في هذه الحالة يمكن

تغيير سرعة الموجة الخضراء على هذا الجزء فقط بحيث يتساوى زمن المسير عليه مع ازمته المسير على باقي اجزاء الطريق، ويعلن ذلك عن طريق إشارة تحديد السرعة.



توصيات

- في أوقات الذروة، سرعة الموجة = ٤٠ كم / ساعة، زمن الدورة ٩٠ ثانية
- في خارج أوقات الذروة، سرعة الموجة = ٧٠ كم / ساعة، زمن الدورة ٦٠ ثانية
- ليلاً، سرعة الموجة = ٩٠ كم / الساعة، زمن الدورة ٤٠ ثانية

القواعد الواجب توافرها قبل تنفيذ نظام الموجة الخضراء

القواعد الإنشائية

- توافر حارتين على الأقل لكل إتجاه، عرض الحارة أكبر من ٣ متر
- توافر حارات خاصة للإتجاه الليمين واليسار
- حالة الرصف ممتازة
- في حالة وجود ترام، يجب أن تكون معزولة المسار تماماً

القواعد التنظيمية

- ممنوع وجود أماكن إنتظار للسيارات أو وقوفها نهائياً
- ممنوع السير بسرعة أقل من سرعة الموجة الخضراء المعلنه عن طريق إشارات تحديد السرعات

- ممنوع الإتجاه لليسار في حالة عدم وجود حارات خاصة للإتجاه لليسار.
- ضرورة تقسيم الطريق إلى حارات بخطوط بيضاء واضحة.

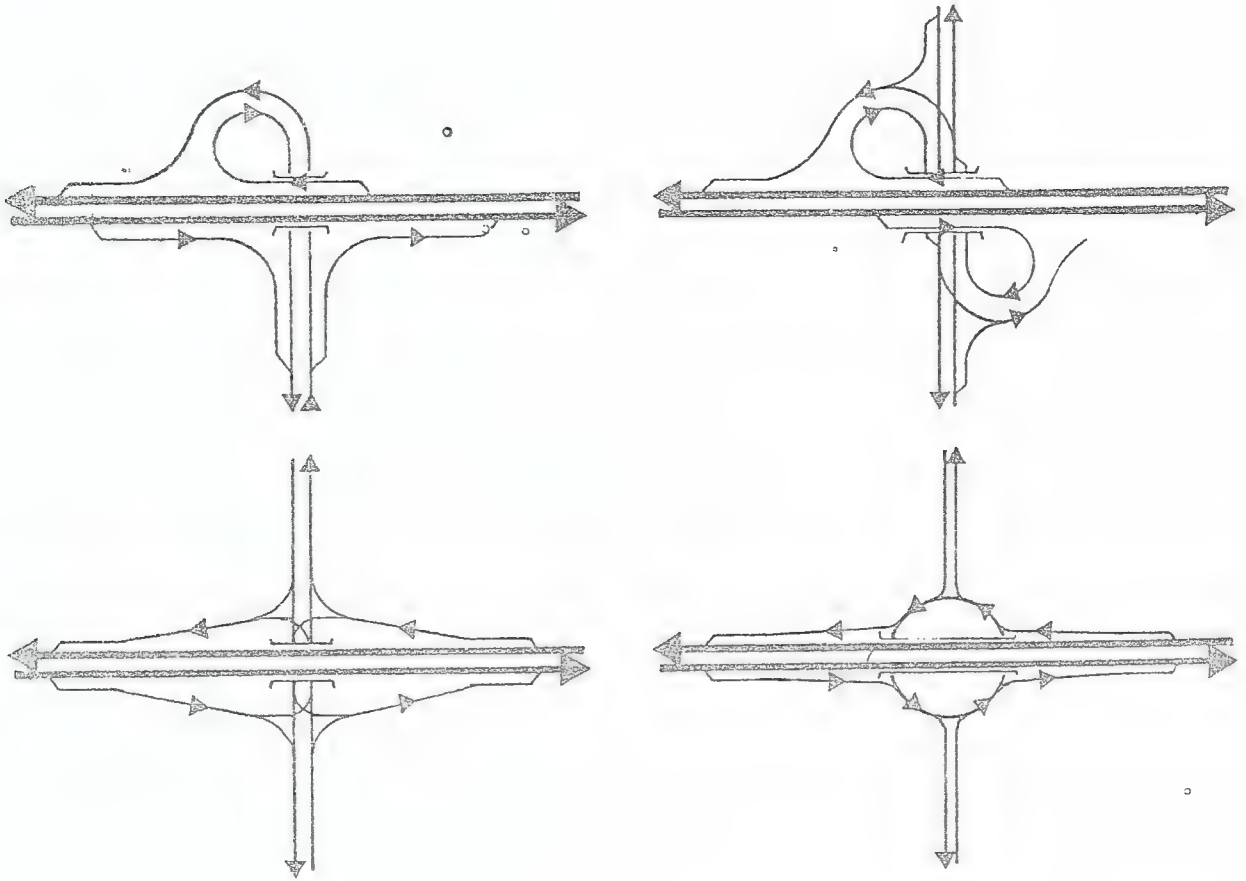
القواعد المرورية

- يجب توافر إشارات مرور ضوئية على كل تقاطع

- يجب توافر إشارات تحديد السرعات على كل تقاطع
- يجب أن يكون عدد الأطوار بكل برنامج للإشارات أقل ما يمكن.

٥-٢ تقاطعات على مستويات رأسية - أمثلة تخطيطية (شكل ١٢)

Grade-separated Junctions



شكل ١٢: أمثلة للتقاطعات على مستويات رأسية

Pedestrian Facilities

مرافق المشاة

١-٣ مرافق المشاة (شكل ١٣)

- الأرصفة، شوارع المشاة
- ممرات عبور المشاة عند التقاطعات
- السلالم الثابتة والسلالم المتحركة

مرافق المشاة	حل غير مفضل	حل أفضل
ممرات عبور		
منحدر		
كبارى وأنفاق		

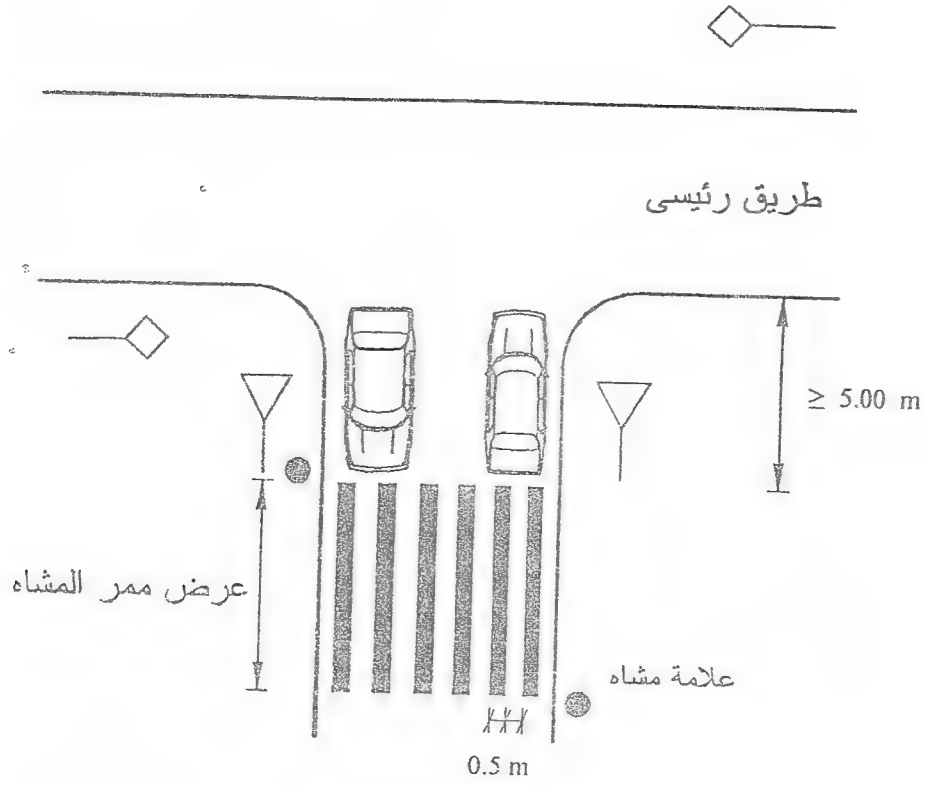
شكل ١٣ : مرافق المشاة

Sidewalks

أقل عرض للأرصفة بالطرق المختلفة (بالمتر)

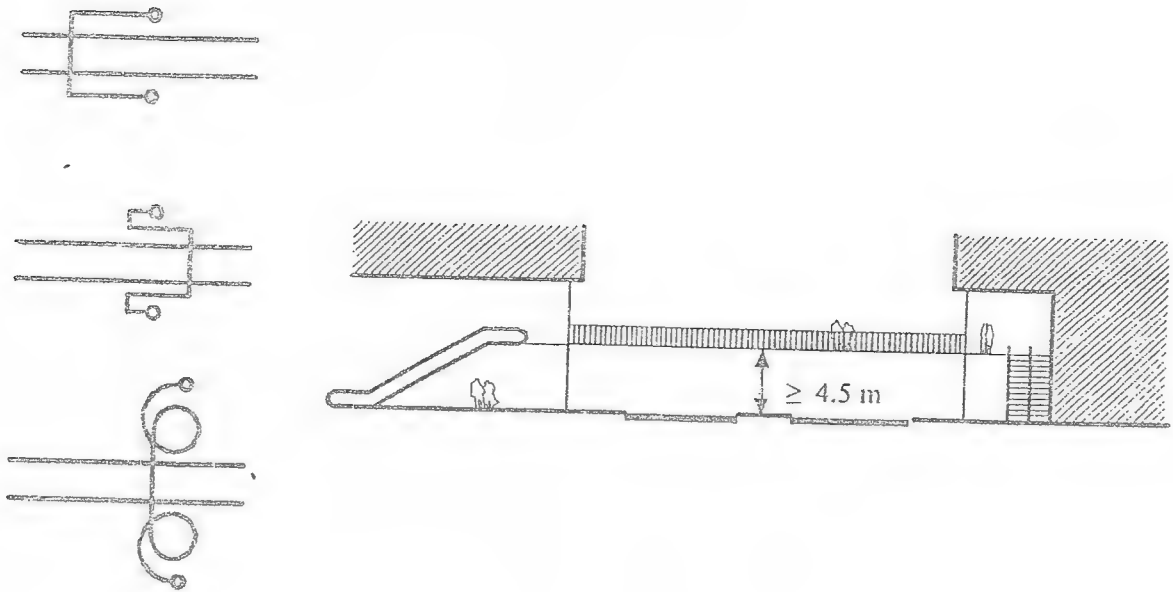
بالضواحي	خارج المدينة	بوسط المدينة	
٢,٠٠	٣,٠٠	٤,٠٠	طرق سريعة
٣,٠٠	٣,٠٠	٣,٠٠	طرق رئيسية
٣,٠٠	٣,٠٠	٢,٠٠	طرق تجميع
٢,٠٠	٢,٠٠	٢,٠٠	طرق محلية

ممرات عبور المشاة (شكل ١٤)

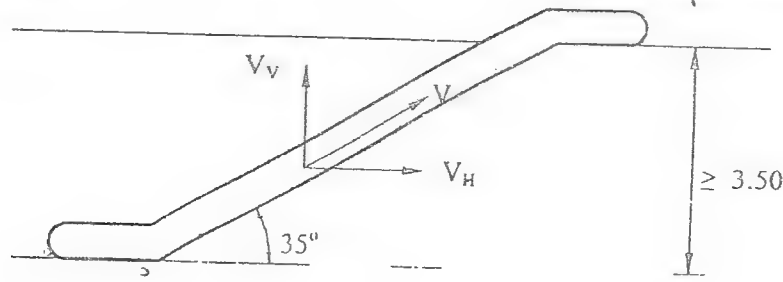


شكل ١٤: ممر عبور مشاة عند تقاطع

كباري المشاة (شكل ١٥)



شكل ١٥: كباري المشاة



شكل ١٦: السلم المتحركة

سعة السلم المتحرك (شخص/الساعة)

$$C = \frac{3600 P V_H F}{a} \text{ (person/h)}$$

حيث

P = عدد الأشخاص الواقفون على درجة السلم الواحدة
(سلم عرض ٠,٦ متر لشخص واحد، سلم عرض ١ متر لعدد ٢ شخص)

V_H = سرعة التحرك الأفقي (متر/ث)

F = نسبة مشغولية السلم

a = ارتفاع درجة السلم (متر)

مثال

احسب سعة سلم متحرك عرض ١ متر، يتحرك بسرعة ٠,٥ م/ث (أفقياً)، نسبة المشغولية ٥٠ %، ارتفاع درجة السلم ٠,٤ متر .

الحل

$$C = \frac{3600 \times 2 \times 0.5 \times 0.5}{0.4} = 4500 \text{ (person/h)}$$

Pedestrian Density

كثافة حركة المشاة (D)

تعرف كثافة حركة المشاة بأعداد المواطنين المتحركين المتواجدين في لحظة واحدة على مساحة متر مربع واحد.

تتراوح كثافة المشاة في العادة بين صفر - ٣ مواطن/م^٢، والكثافات الأعلى من ذلك تعنى التزاحم وعدم القدرة على التحرك بسهولة.

Walking Speed

السرعة المتوسطة لتحرك المشاة (V)

تتوقف سرعة المسير على السن، الجنس، الغرض من الرحلة، إنحدار الطريق.

أهملة لقيم السرعة المتوسطة في حالة كثافة ٠,٣ مواطن / م^٢:

٠,٧ م/ث	سيدات بأطفال
١,١ م/ث	أطفال بين ٦ - ١٠ أعوام
١,٣ م/ث	سيدات أكبر من ٥٠ عام
١,٤ م/ث	سيدات أصغر من ٥٠ عام
١,٦ م/ث	رجال أكبر من ٥٠ عام
١,٧ م/ث	رجال أصغر من ٥٠ عام
١,٨ م/ث	شباب

العلاقة بين الكثافة والسرعة

$$M = 60 V D$$

M = المشغولية (مواطن/الدقيقة. متر)

V = السرعة (متر/ث)

D = الكثافة مواطن/م^٢

٣-٣. حساب إحتياجات مرافق المشاة

سعة مرفق للمشاة

$$M = 60 \text{ V D B}$$

M = سعة المرفق (مواطن/الدقيقة)

B = عرض المرفق (بالمتر)

العرض النافع لمرفق مشاة

$$B_N = \frac{M_d}{60 \text{ V D}}$$

M_d = المشغولية التصميمية (مواطن/الدقيقة)

= ١,٦٥ × المشغولية من الرصد الميداني.

زمن الضوء الأخضر للمشاة عند إشارة مرور ضوئية

Pedestrian Green Time at Traffic Signals

كثافة التزاحم للمتر الطولي بمنطقة الإنتظار أمام إشارة مرور للمشاة (مواطن/المتر)

$$r = \frac{m \cdot C}{B}$$

m = سرعة إنسياب حركة المشاة (مواطن/الثانية)

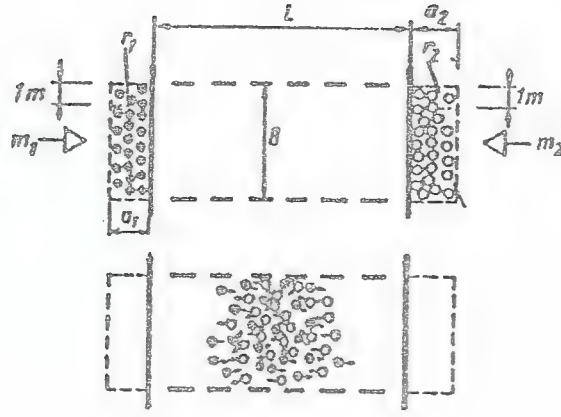
C = زمن دورة الإشارة

ملحوظة:

كما في الشكل التالي تحسب أولاً m_1 & m_2 (سرعة إنسياب حركة المشاة في الإتجاهين). $m_1 = m$ أو m_2 أيهما أكبر

زمن الضوء الأخضر للمشاة

$$t_g = 0.5 r + 4 \text{ (sec)}$$



أمثله

السعة

١. المطلوب حساب عرض نفق مشاه في حالة مشغولية تصميمية ٨٦٠ مواطن/١٠ دقائق، سرعة إنسياب حركة المشاه ١,٣٠ م/ث، كثافة الإنسياب ٠,٣ مواطن/م^٢

الحل

$$B = \frac{86}{60 \times 1.3 \times 0.3} = 3.7 \text{ m}$$

عرض النفق = ٣,٧ متر + ١,٣ متر احتياطي = ٥ متر

٢. المطلوب حساب زمن الضوء الأخضر للمشاه عند إشارة مرور ضوئية، إذا علم أن المشغولية التصميمية ٢٧٠ مواطن/١٠ دقائق، عرض ممر المشاه = ٥ متر، طول الممر = ٨ متر، زمن دورة الإشارة ٤٠ ثانية

الحل

$$m = 270 / (60 \times 10) = 0.45 \text{ person/sec}$$

$$r = 0.45 \times 40 / 5 = 3.6 \text{ person/meter}$$

$$t_g = 0.5 \times 3.6 + 4 = 5.8 \text{ sec}$$

تؤخذ ٦ ثانية

Parking Demand

٤-١ الحاجة لأماكن إنتظار السيارات

يتوقف مقدار الحاجة لأماكن إنتظار السيارات لعوامل كثيرة أهمها:

- عدد السيارات الخاصة وعدد مرات إستخدامها
- مستوى المعيشة
- نوع إستخدامات الأراضي (مناطق سكنية، مناطق صناعية، وسط المدينة،...)

الجدول التالي يعرض بصفة عامة توصيات لعدد أماكن الإنتظار اللازمة وفقاً للإستخدام:

نوع الإستخدام	مكان إنتظار واحد لكل
مناطق سكنية	٢ - ٥ شقة
محلات تجارية أو حرفية	٣٠ - ٥٠ م
مكاتب	٤٠ - ٨٠ م
مصانع	٦٠ - ١٢٠ م
فنادق	١ - ١٠ سرير
مطاعم ومقاهي	٢ - ٢٠ مقعد
مسارح وسينما	٣ - ١٠ مقاعد
إستاد رياضي	٥ - ٣٠ مشاهد

إن مشاكل الإنتظار بمنطقة وسط المدينة (كذلك مراكز المدينة الثانوية) بجميع مدن العالم الكبرى تتولد نتيجة عدم إمكانية توفير عدد من أماكن الإنتظار كافية لتغطية جميع إحتياجات أصحاب السيارات الخاصة، نظراً لعدم وجود المساحات الأرضية اللازمة وإرتفاع سعر الأراضي.

ومن جهة أخرى، فإن منطقة وسط المدينة تعتبر مركز تجمّع أنشطة الخدمات، حيث يتردد عليها من الزوار (المقيمين خارج منطقة وسط المدينة) لأزمة قصيرة وذلك لقضاء المصالح الشخصية أو قضاء وقت الفراغ. ويبلغ أعداد الزائرين عشرات المرات أعداد العاملين بمنطقة وسط المدينة.

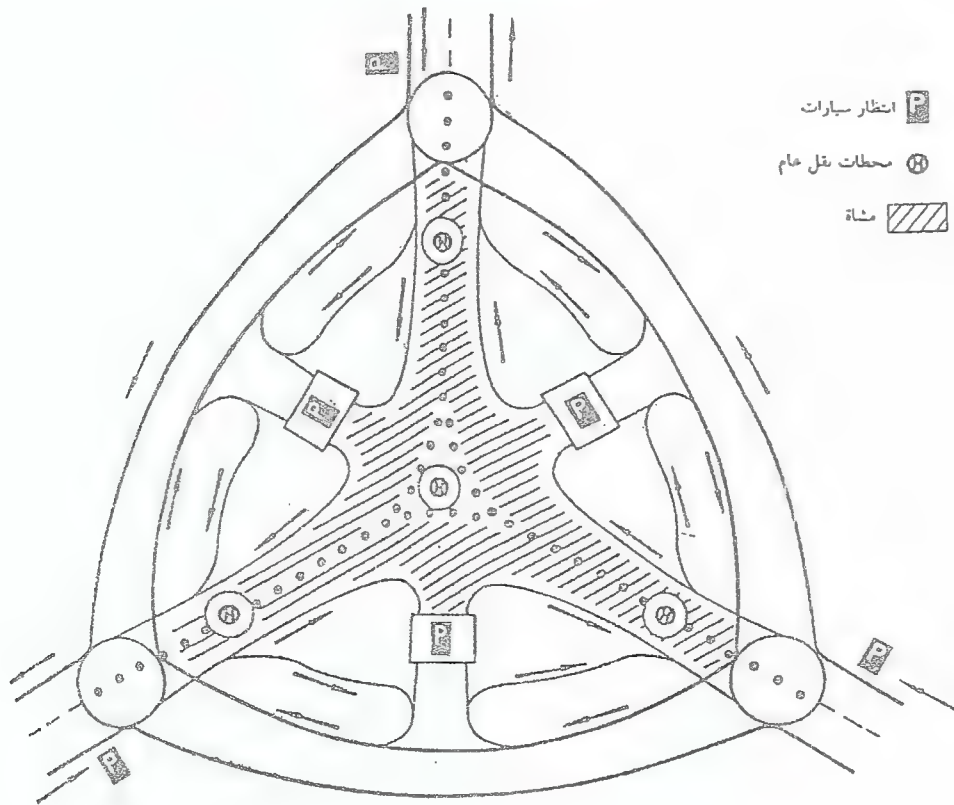
ويترتب عن عدم إمكانية تغطية إحتياجات أماكن إنتظار السيارات:

- تولد مرور إضافي للبحث في أماكن إنتظار
- الإنتظار العشوائي (في الممنوع، على الأرصفة، صف ثاني،)، مما يتسبب في خلق مشاكل مرور إضافية، ويشوه صورة منطقة وسط المدينة

إن ترك الأمر على ما هو عليه يخلق مضايقات مستمرة لأصحاب السيارات بل قد يؤدي في النهاية إلى عزل منطقة وسط المدينة وحرمان كثيراً من المواطنين منها، أو حرمانها من الكثير من المواطنين. وعلى هذا فإن استراتيجية تخطيط نظم المرور بمنطقة وسط المدينة يجب أن تتضمن (شكل ١٧):

- إنشاء طريق دائري حول وسط المدينة
- إمتداد خدمة خطوط النقل العام إلى داخل منطقة وسط المدينة
- إنشاء مناطق للمشاة فقط
- إنشاء شبكة طرق إتجاه واحد داخل المنطقة وتخصيص أماكن لإنتظار السيارات بجوار الأرصفة
- تحديد مواقع لجراجات متعددة الأدوار (علوية أو سفلية)، حول منطقة وسط المدينة للإنتظار طويل المدى، ودخل المنطقة للإنتظار قصير المدى. ويفضل أن يكون مواقع الجراجات بجوار محطات النقل العام (P + R) .

إركن سيارتك واركب لنقل العام



شكل ١٧: إستراتيجية ترتيب مرافق النقل بمنطقة وسط المدينة

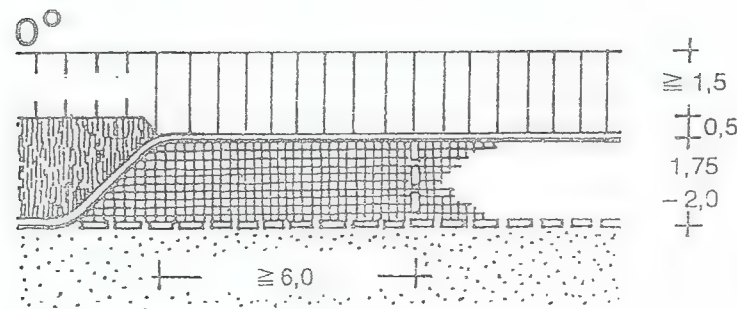
ويتم تحديد عدد أدوار الجراجات متعددة الأدوار وعدد أماكن الإنتظار بالساحات، ليس فقط لتغطية احتياجات أصحاب السيارات الخاصة للإنتظار، بل يجب أيضاً مراعاة السعة القصوى لشبكة الطرق بالمنطقة لإستيعاب أعداد السيارات الموجودة في أماكن الإنتظار إذا ما غادرت جميعها الجراجات والساحات في وقت واحد (عند حدوث حريق، مثلاً).

ونظراً لأنه في الغالب لا توجد الإستثمارات الكافية لإنشاء العديد من الجراجات متعددة الأدوار وعدم إمكانية تغطية احتياجات جميع طلبات الإنتظار بوسط المدينة، فمن الضروري إتباع سياسة تعريف الإنتظار المتغيرة وفقاً لزمان الإنتظار (تردد مع زيادة زمن الإنتظار).

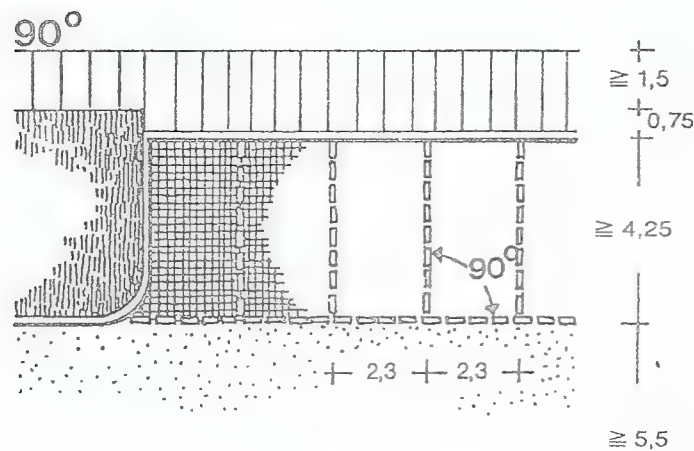
٢-٤ تخطيط أماكن الإنتظار

أولاً - على الطريق (شكل ١٨)

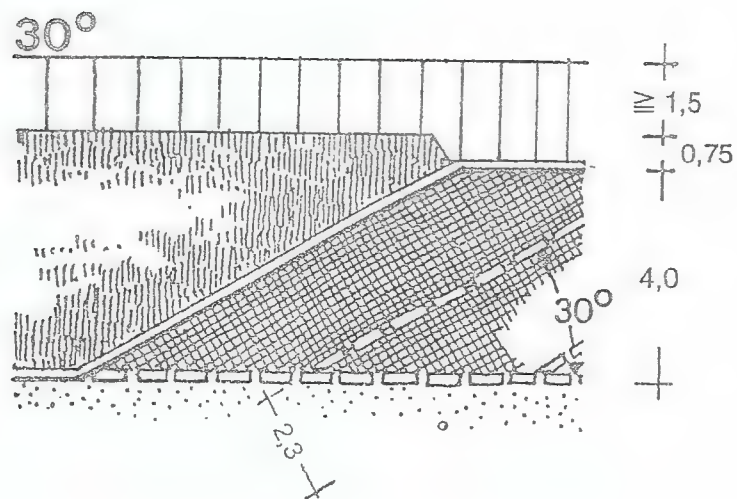
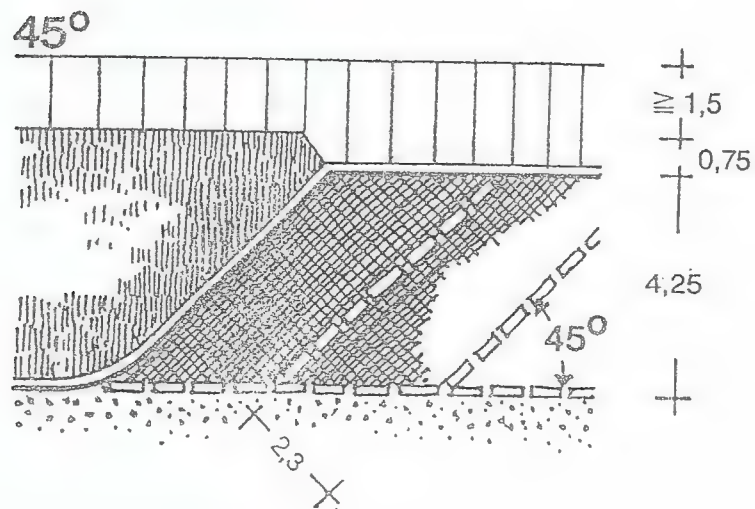
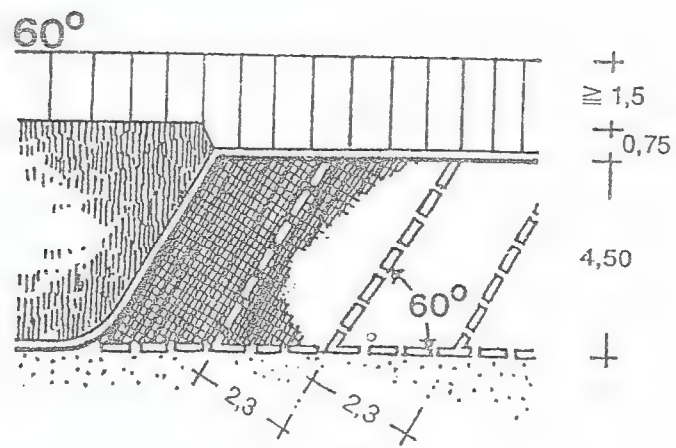
موازي للرصف، عمودي على الرصيف، مائل على الرصيف ٣٠° ، ٤٥° ، ٦٠°.



موازي للرصيف

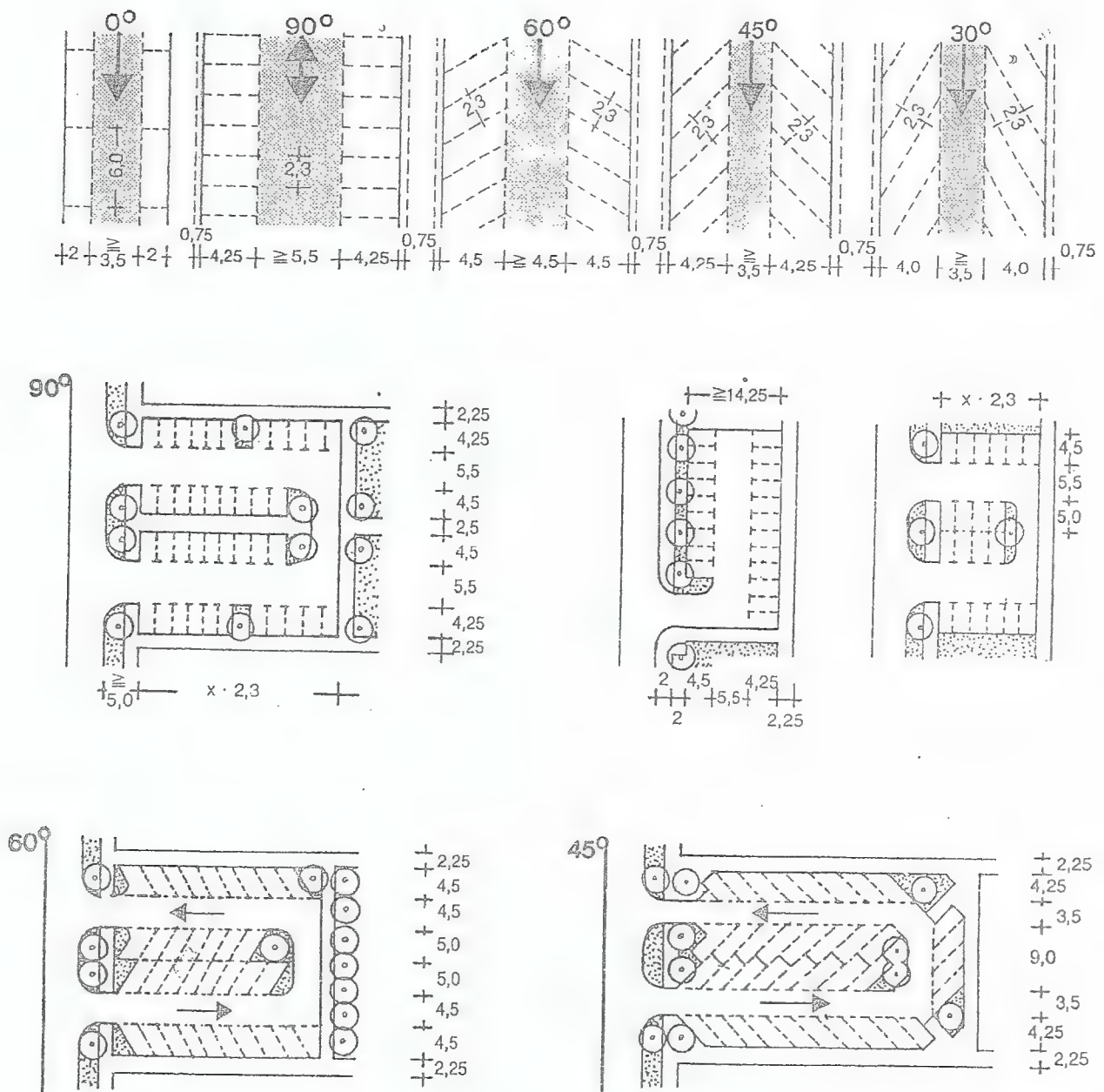


عمودي على الرصيف



شكل ١٨ : أماكن الإنتظار على الطريق

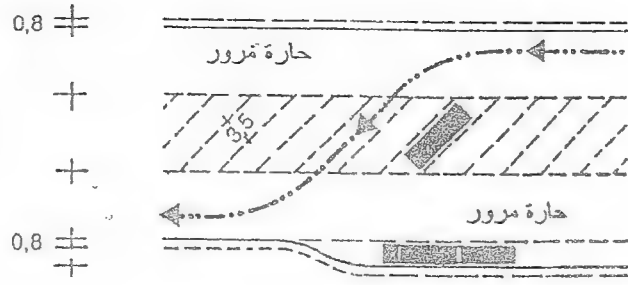
١- في ساحات مكشوفة أو مغطاة (شكل ١٩)



شكل ١٩: ساحات إنتظار السيارات

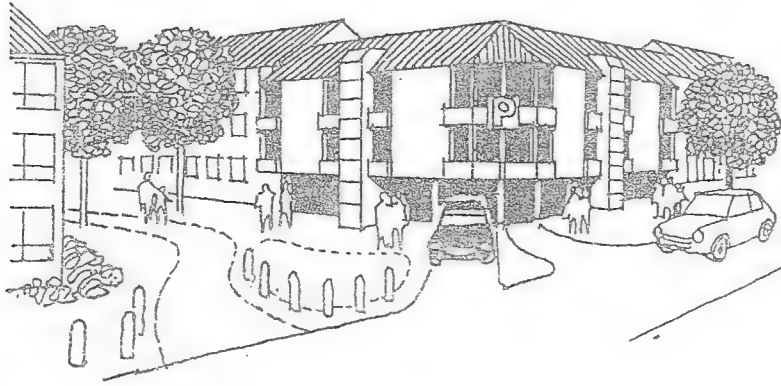
أماكن إنتظار سيارات النقل والأتوبيسات (شكل ٢٠)

مينى باص ونصف نقل	أتوبيس ونقل	نقل بمقطورة
5,50 m	7,50 m	8,00 m
7,50 m ^o	10,00 m	15,00 m
5,50 m	7,50 m	8,00 m
انتظار موازى للرصيف		3,00 m



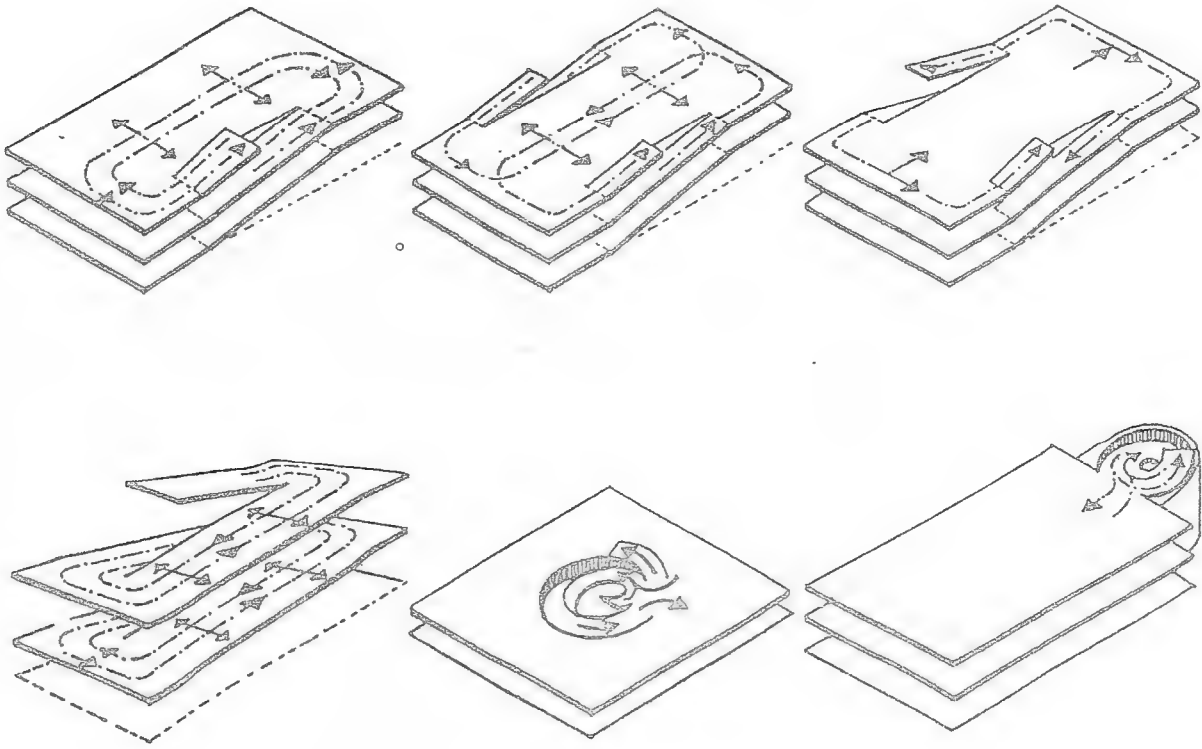
شكل ٢٠: أماكن إنتظار سيارات النقل والأتوبيسات

٢ - في جراجات متعددة الأدوار (شكل ٢١)



شكل ٢١: الجراجات متعددة الأدوار

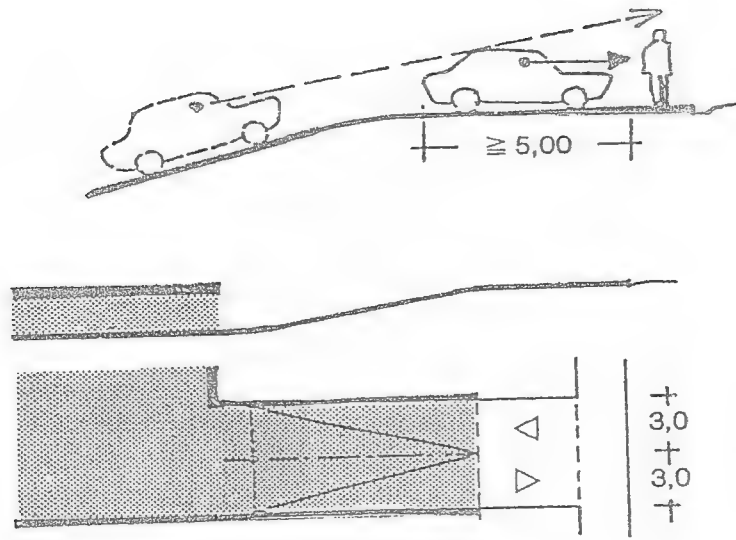
Multi-storied parking facilities



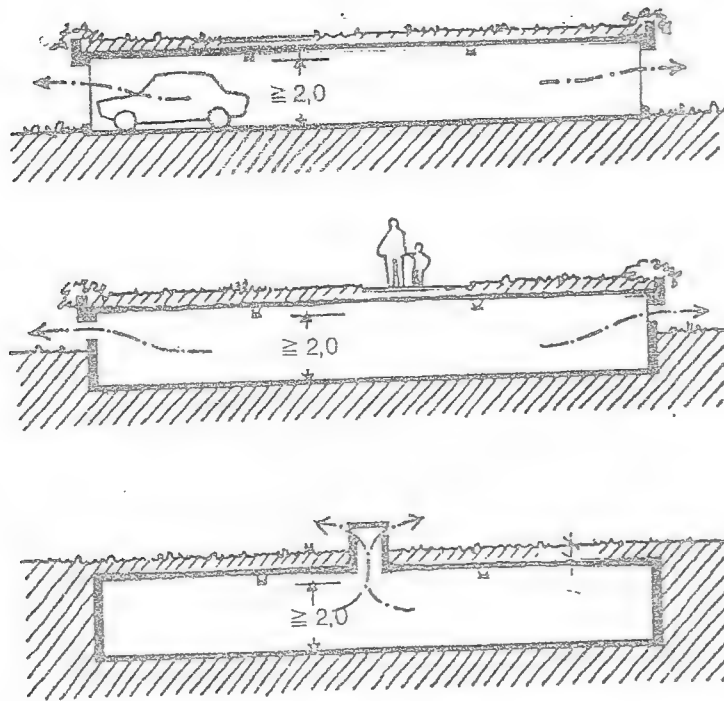
شكل ٢٢: نماذج الجراجات متعددة الأدوار

ملاحظات (شكل ٢٣ & ٢٤)

- أقصى ميل للمنحدر ١٥ % (في الغالب ٦ % - ٧ %)
- عرض المداخل أكبر من ٦ متر (يفضل ٦,٥ - ٧,٠ متر)
- أقل نصف قطر المنحنى الأفقى الداخلى على المنحدر ٦,٠ متر
- ضرورة الإهتمام بتهوية الجراجات.

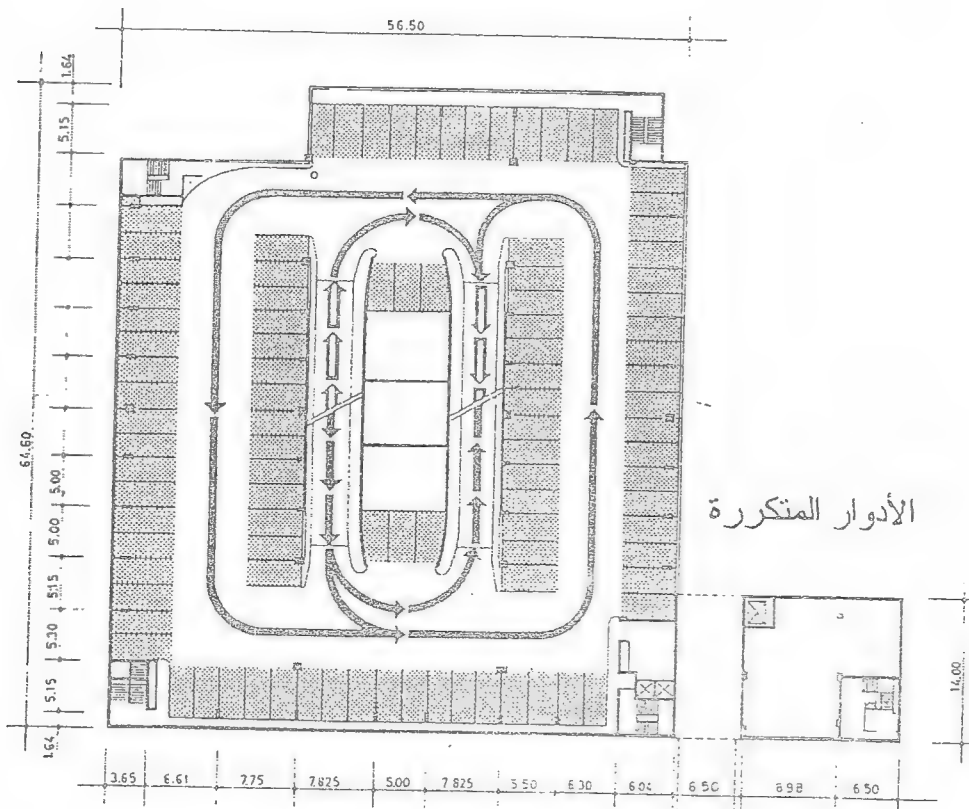
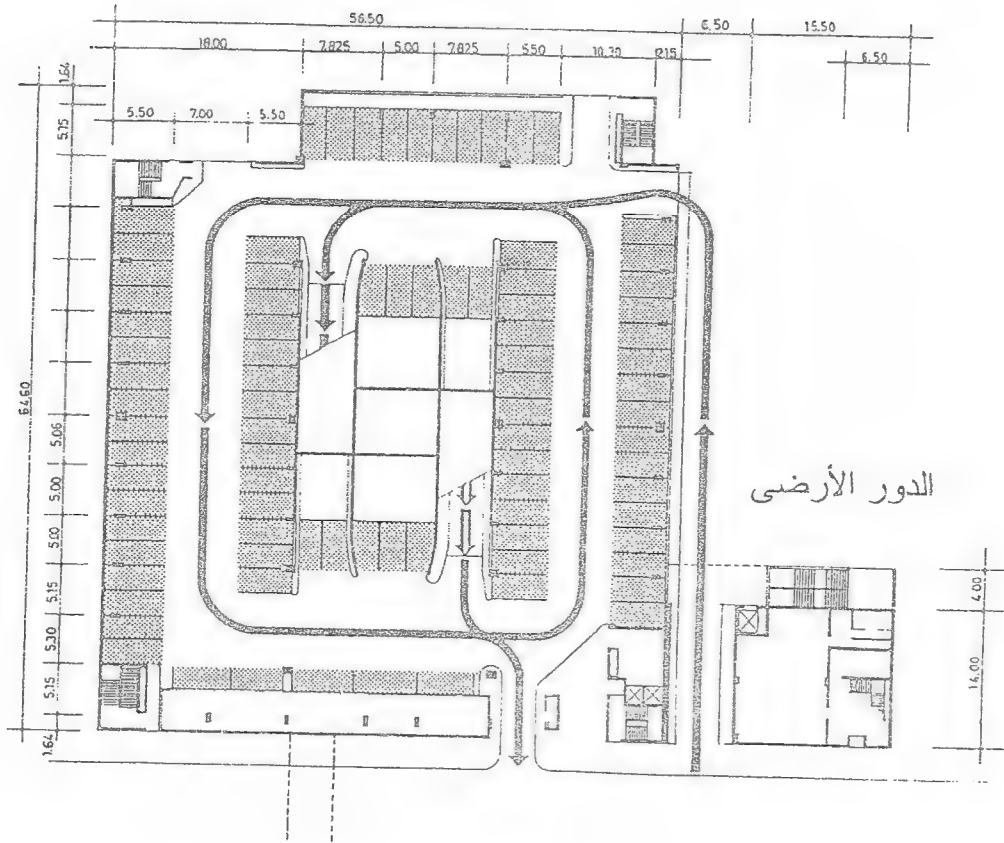


شكل ٢٣: عناصر تصميم مداخل الجراجات



شكل ٢٤ : مبادئ تهوية الجراجات العلوية والسفلية

شكل ٢٥ يوضح مثال لتخطيط جراج متعدد الأدوار



شكل ٢٥: مثال لتخطيط جراج متعدد الأدوار

Types of Traffic Accidents

(١-٥) أنواع الحوادث

- تلفيات مادية
- إصابة جسدية طفيفة
- إصابة جسدية خطيرة
- موت

Accident Reasons

(٢-٥) أسباب الحوادث

- ١ - سرعات عالية عند المنحنيات
- ٢ - انحناء للسيارة عند التقاطعات
- ٣ - عدم مراعاة أولويات العبور عند التقاطعات
- ٤ - عبور خاطيء للمشاة أو راكبي الدراجات
- ٥ - الظلام
- ٦ - التخطئة الخاطئة
- ٧ - خلافة (الخمور، عيوب بالإشارات الضوئية، عيوب فنية بوحدة السير، الظروف الجوية كالأمطار والرياح)

Accident Records

(٣-٥) رصد الحوادث على الطريق

على الطريق التي يكثر فيها الحوادث يتم رصد عدد ونوع ومواقع الحوادث خلال فترة زمنية محددة وتوقعها في جدول كما هو مبين في المثال التالي:

ملحوظة

يفضل وضع رمز معين لكل سبب من أسباب الحوادث سابقة الذكر

مخطط أفقي للطريق	أسباب الحوادث						
	1	2	3	4	5	6	7
700m							
عدد الحوادث	1	2		9	18		

جدول رصد الحوادث على الطريق

Accident Density

(٥-٥) كثافة الحوادث على طريق (D)

$$D = \frac{n}{L \cdot T} \text{ (Accidents / Km per year)}$$

حيث n = عدد الحوادث على طريق معين طوله L خلال T عاماً

Accident Rate

(٥-٥) معدل الحوادث على طريق (R)

$$R = \frac{n \times 10^6}{365 M L T} \text{ (Accidents / } 10^6 \text{ Veh. Km per Year)}$$

حيث M = متوسط عدد السيارات المارة على الطريق في اليوم الواحد

عدد سيارات خلال
عام

مثال R D

أحسب كثافة الحوادث ومعدل الحوادث على طريق طوله ١٠ كم، إذا علم أن أعداد الحوادث السنوية ومتوسط عدد السيارات المارة على الطريق في اليوم، كما في الجدول التالي:

عام	عدد الحوادث	متوسط عدد السيارات في اليوم
١	١٥	٩٠٠٠
٢	١٠	٩٦٠٠
٣	١١	١٠٠٥٠

الحل

$$D = (15 + 10 + 11) / (10 \times 3) = 1.2 \text{ Acc./Km per Year}$$

$$R = \frac{(15 + 10 + 11) \times 10^6}{365 \times \frac{(9000 + 9600 + 10050)}{3} \times 10^{-3}}$$

$$= 0.344 \text{ acc./} 10^6 \text{ Veh.Km per Year}$$

Accident Reduction

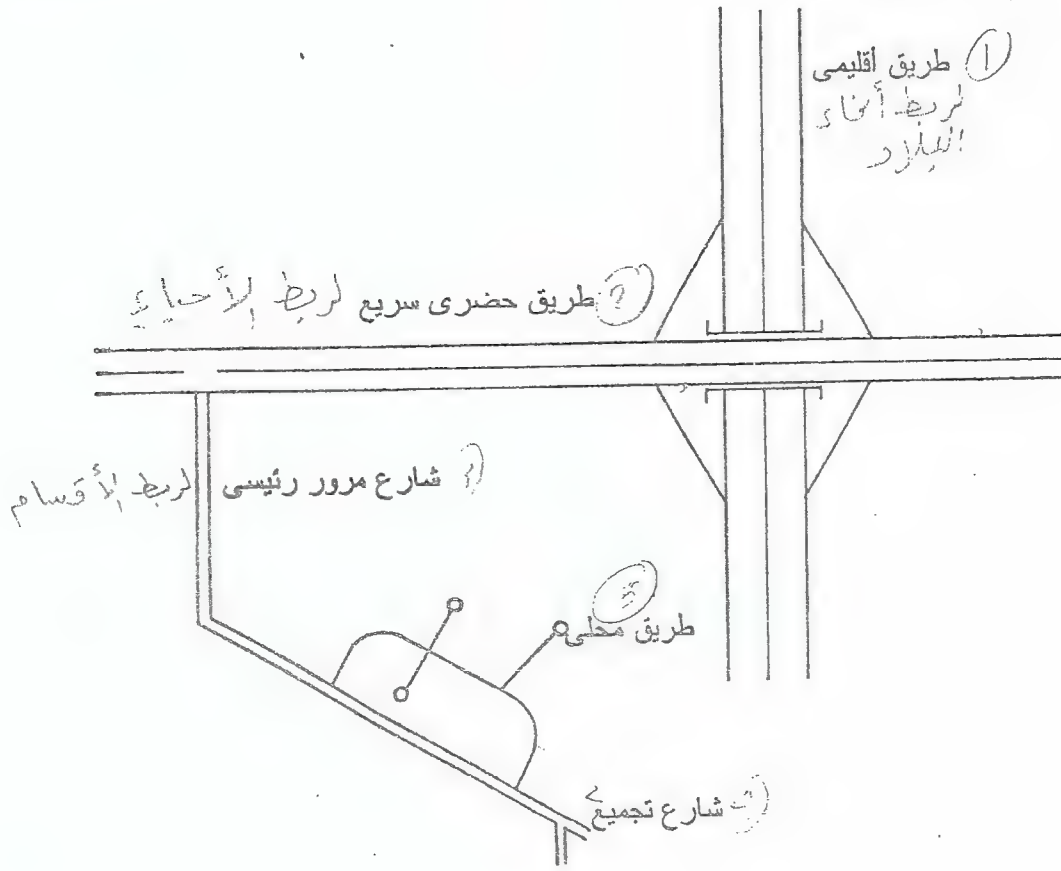
(١-٥) الوقاية من حوادث المرور

- التوعية المرورية (مدارس، صحافة، إذاعة، تلفزيون، ندوات سياسية)
- قوانين المرور وتنفيذها بحزم (بما في ذلك الكشف الفني الدوري على المركبات والكشف الفني الفجائي على المركبات أثناء السير)
- التخطيط الهندسي (كما في الجدول التالي)

سبب الحادث	طرق التغلب عليه
سرعات عالية عند المنحنيات	<ul style="list-style-type: none"> - علامات فسفورية بوجود منحني - تحسين الإضاءة - تحديد سرعة المسير - تحسين التخطيط الهندسي للمنحني
الاتجاه لليسار عند التقاطعات	<ul style="list-style-type: none"> - وضع علامات تحديد أولويات المسير - وضع إشارات مرور ضوئية وزيادة عدد الأطوار - منع الاتجاه لليسار - عمل حارات خاصة للاتجاه لليسار
عدم مراعاة أولويات العبور عند التقاطعات	<ul style="list-style-type: none"> - وضع علامات تحدد أولويات المسير - وضع إشارات مرور ضوئية - تحديد سرعة المسير
عبور خاطيء للمشاة	<ul style="list-style-type: none"> - تخطيط ممرات عبور المشاة - تحسين الإضاءة - وضع علامات أو إشارات ضوئية للمشاة - منع إنتظار السيارات التي تمنع الرؤية
الظلام	<ul style="list-style-type: none"> - تحسين الإضاءة - منع إنتظار السيارات التي تمنع الرؤية
التخطئة الخاطئة	<ul style="list-style-type: none"> - تحديد حارات الطريق - منع تخطئة السيارة الأمامية (بعلامات مرور) - توسيع الحارات - تحسين الإضاءة

تصنيف
Road Classification

٦-١ تصنيف الطريق (تدرج وظائف الطرق - شكل ٢٦)



شكل ٢٦: تصنيف الطرق

الطريق الإقليمي يصل بالطريق القومية السريعة التي تربط المدينة بباقي أنحاء البلاد، الطريق الحضري السريع يربط أحياء المدينة بعضها البعض، طرق المرور الرئيسية تصل الأقسام بعضها البعض، طرق التجمع تمتص أحجام المرور المتولدة على الطرق المحلية وتغذي طرق المرور الرئيسية عند عدد محدود جداً من التقاطعات، الطرق المحلية تخدم المساحات المختلفة بالمناطق السكانية والصناعية.

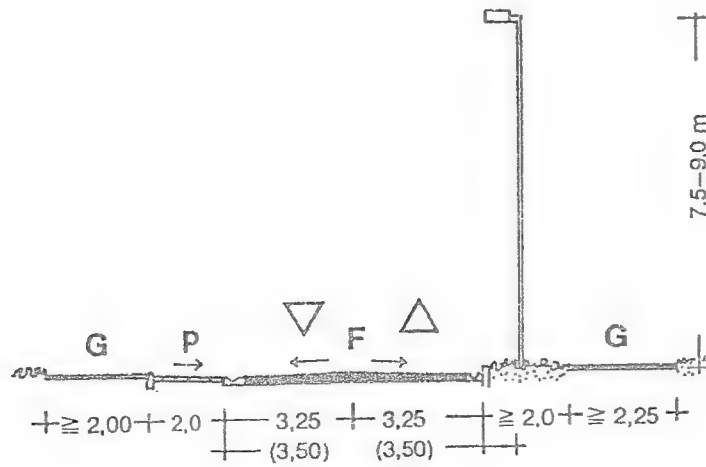
Road Characteristics

خصائص الطرق

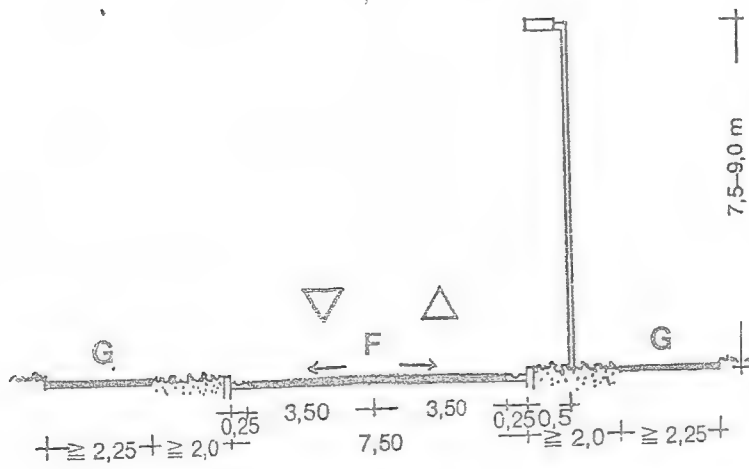
يمكن إيجاز خصائص الطرق كما في الجدول التالي:

محل	تجمع	مرور رئيسي	طريق حضري	طريق اقليمي	خصائص الطرق
٤٠ - ٣٠ كم/الساعة	٥٠ - ٤٠ كم/الساعة	٦٠ - ٥٠ كم/الساعة	٨٠ كم/الساعة	١٠٠ كم/الساعة	السرعة التصميمية
١ + ١	٢ + ٢ أو ١ + ١	٢ + ٢	٢ + ٢ أو ٣ + ٣	٢ + ٢ أو ٣ + ٣	عدد الحارات
٣,٢٥ - ٢,٥٠	٣,٥٠ - ٣	٣,٥٠ - ٣,٠٠	٣,٥	٣,٧٥ - ٣,٥٠	عرض الحارة (متر)
لا	لا	ينصح ١,٥ م	٢,٠٠ م على الأقل	٢,٠٠ م على الأقل	جزيرة وسطى
أكبر من ٢,٠ م	أكبر من ٣,٠ م	أكبر من ٣,٠ م	-	-	أرصفة
نعم	نعم	محتمل على جانب واحد	لا	لا	السماح بالانتظار
لا	بمحطات	بمحطات	بدون محطات	بدون محطات	مسار خطوط الأتوبيس
- علامات مرور	١٠٠ - ٥٠ علامات مرور	٣٠٠ - ٢٠٠ بإشارة ضوئية	٨٠٠ - ٥٠٠ بإشارة ضوئية	١٠٠٠ على مستويات رأسية	المسافة بين التقاطعات (متر)
٣٠٠	١٠٠٠ - ٤٠٠	١٦٠٠	٢٤٠٠ - ٣٠٠٠	٤٥٠٠ - ٣٠٠٠	السعة (وحدة سير/الساعة/ الاتجاه)

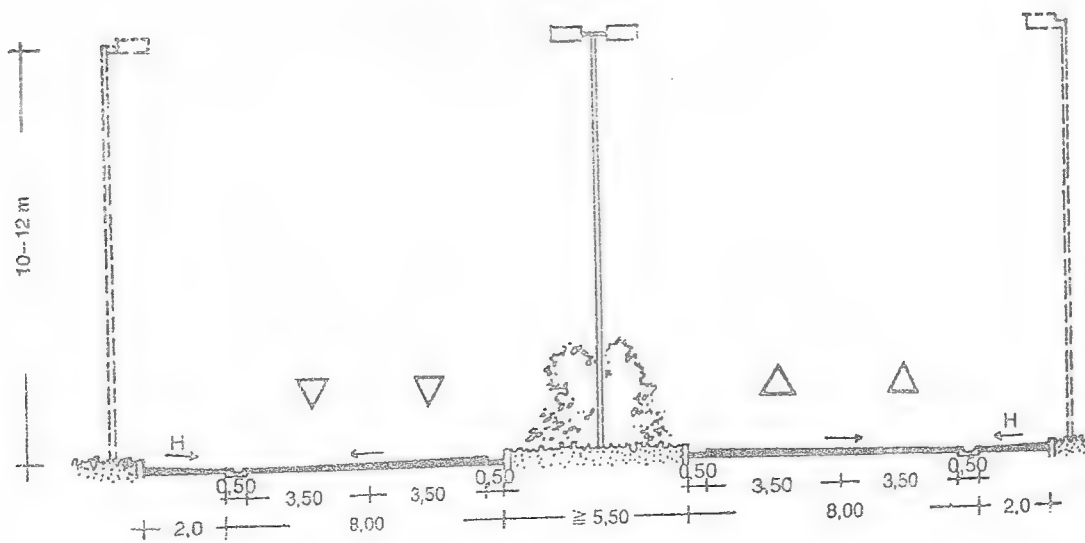
نماذج القطاعات العرضية للطرق (شكل ٢٧)



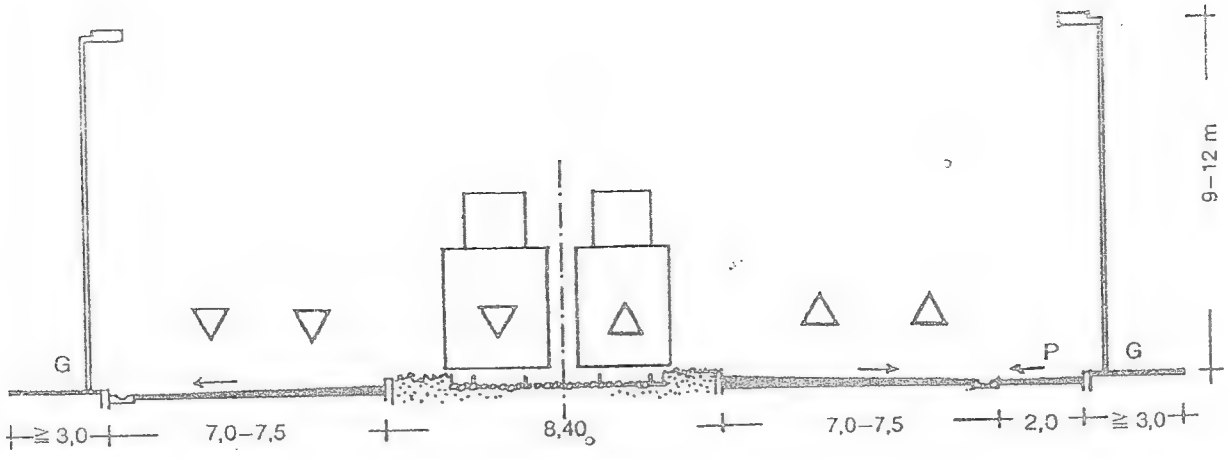
شارع مرور محلي



شارع تجميع



شارع مرور رئيسي



شارع مرور رئيسي مع سكة ترام في المنتصف

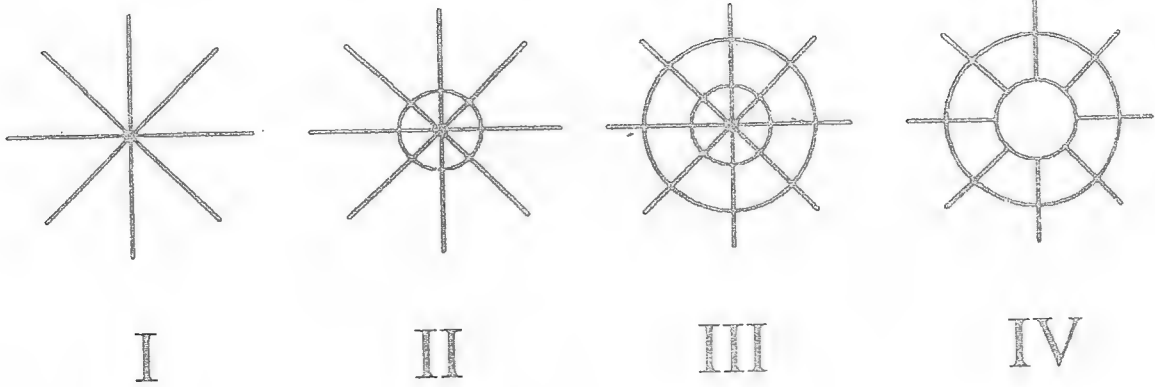
شكل ٢٧: نماذج القطاعات العرضية للطرق

Road Networks

Radial Networks

٣-٦ نماذج شبكات الطرق

أولاً - النماذج القطرية (شكل ٢٨)



شكل ٢٨: نماذج شبكات الطرق القطرية

شبكة خطوط قطرية (I)

- عيوبها: جميع الاتصالات تتم عن طريق وسط المدينة
- جميع الطرق تتقاطع بمنطقة المدينة، ومع نمو المدينة وزيادة أحجام الحركة تزداد مشاكل المرور بوسط المدينة

شبكة خطوط قطرية مع طريق دائري حول وسط المدينة (II)

- مميزاتها: وسط المدينة مرتبط بجميع الأحياء
- المرور العابر لا يحتاج لدخول وسط المدينة
- عيوبها: جميع التنقلات بين الأحياء تتم على الطريق الدائري
- يجب أن يكون الطريق الدائري ذو سعة عالية وهذا يتعذر بالمدن التاريخية ذات الطرق الضيقة

شبكة خطوط قطرية مع طريقين دائريين (III)

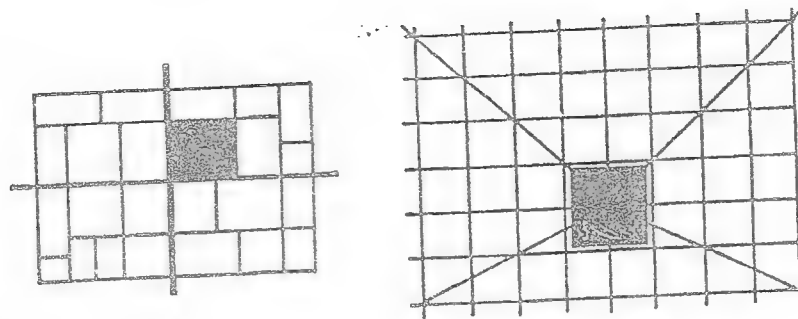
مميزاتها: سرعة الإتصال بين جميع أحياء المدينة

شبكة خطوط قطرية بدون مركز ولها طريقان دائريان (IV)

نفس النموذج السابق (III) عندما تزداد الاختلافات بمنطقة وسط المدينة، مركز المدينة يخصص للمشاة فقط

Grid Networks

ثانياً - النماذج الشبكية (شكل ٢٩)



I النموذج الشبكي البسيط

II النموذج الشبكي ذو الأقطار

شكل ٢٩: النماذج الشبكية

النموذج الشبكي البسيط (I)

- مميزات: سهولة نمو الشبكة في جميع الاتجاهات إذا ما نمت المدينة
- خدمة متساوية لجميع الأحياء
- الانتقال من مصدر لهدف معين هناك مسارات بديلة عديدة
- من السهل تطبيق نظام الموجة الخضراء أو شبكات شوارع الاتجاه الواحد
- عيوبها: لا يوجد اتصال مباشر بين الأحياء المختلفة ووسط المدينة
- نظراً لكثرة عدد التقاطعات والمسارات البديلة يتطلب الأمر تواجد علامات وإشارات مروري تبين للسائقين اتجاهات الطرق

3

النموذج الشبكي ذو الأقطار (II)

- على طريق هذا النموذج يتم التخلص من العيب الأول بالنموذج الأول الشبكي البسيط حيث يتم الإتصال المباشر بين الأحياء المدينة

Traffic Management (or Traffic Control)

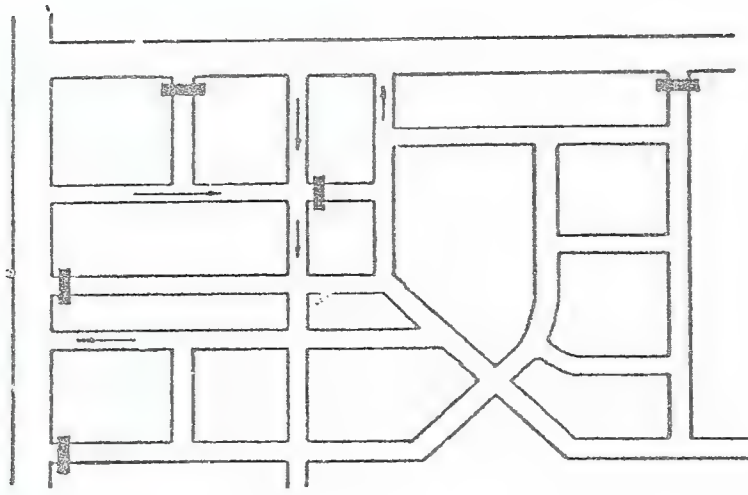
٧- إدارة المرور

- الهدف الأساسي من إدارة المرور هو الإستغلال الأمثل للمساحات المتاحة من الطريق لتحقيق الآتي:
- ١- تهدئة المرور بالمناطق السكنية
- ٢- تحسين فرص التنقل بمنطقة وسط المدينة (كذلك بمراكز المدينة الثانوية)
- ٣- تحسين إنسياب المرور على شبكة الطرق الرئيسية

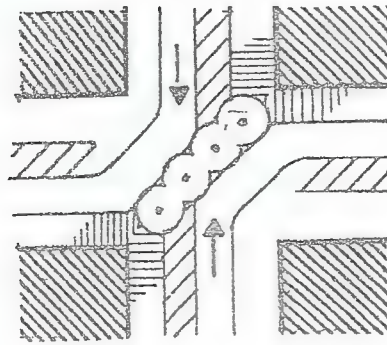
Traffic Calming in Residential Areas

٧-١ تهدئة المرور بالمناطق السكنية

- تكوين خلايا التهدئة: غلق بعض الطرق المحلية عند إتصالها بطرق التجمع وتحديد اتجاهات المرور بهذه الطرق كشوارع إتجاه واحد

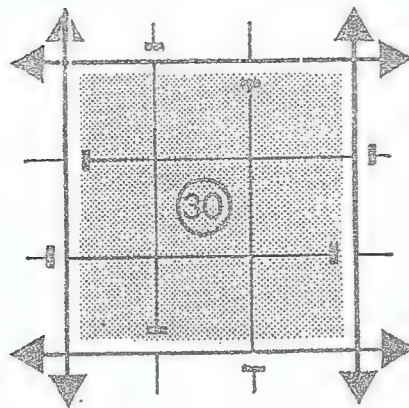


خلايا التهدة



غلق بعض الطرق المحلية

❖ تحديد سرعة المسير ٣٠ كم/الساعة أو أقل

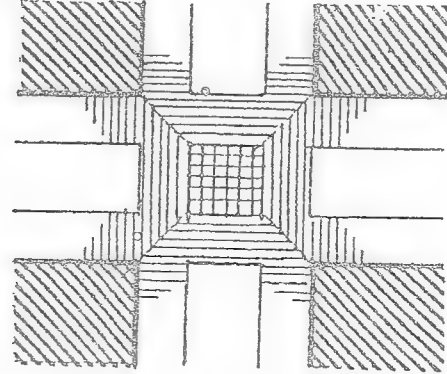


❖ فلنكات تهدئة السرعة (المطبات الصناعية)

فلنكات تهدئة السرعة إما تكون عرضية على إتجاه إنسياب المرور أو مربعة بمنطقة التقاطع



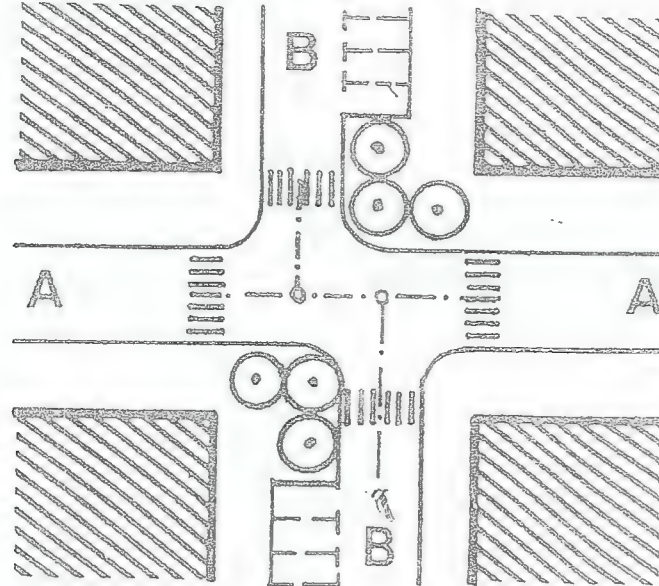
فلنكات تهدئة عرضية



فلنكات التهدئة مربعة بمنطقة التقاطع

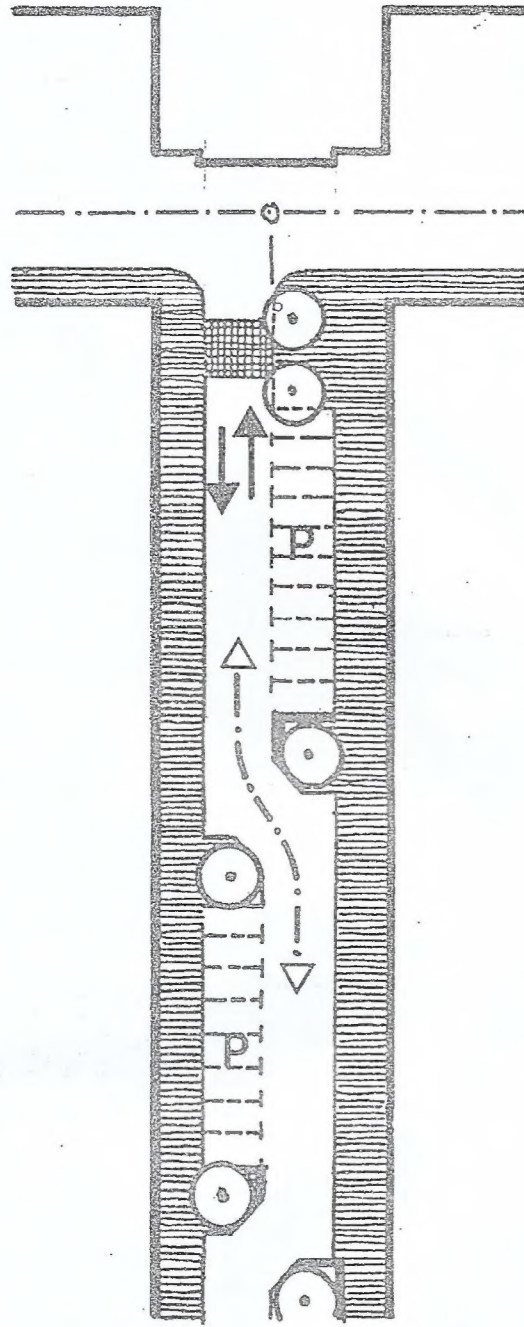
فلنكات التهدئة (المطبات الصناعية)

❖ تقليل عرض بعض الطرق المحلية بإنشاء أماكن انتظار للسيارات عليها (شكل ٢٩).



تقليل عرض الطرق

❖ التخطيط التبادلي لأماكن الانتظار (بهدف إجبار سائقي السيارات على خفض سرعة المسير)

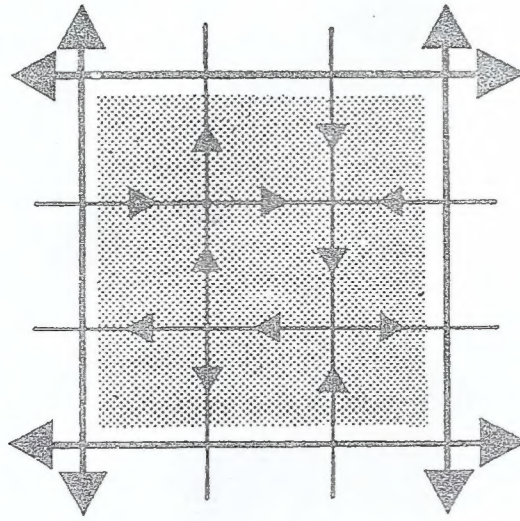


التخطيط التبادلي لأماكن الانتظار

Improving the Traffic Conditions in the Central Areas

- إنشاء مناطق للمشاة
- إنشاء شبكات شوارع الإتجاه الواحد (لضمان سيولة المرور ومنع المرور العابر من دخول منطقة وسط المدينة)
- تحديد النظم المناسبة لانتظار السيارات (أماكن الإنتظار - مدة الإنتظار - تعريف الإنتظار)

❖ شبكة شوارع الإتجاه الواحد

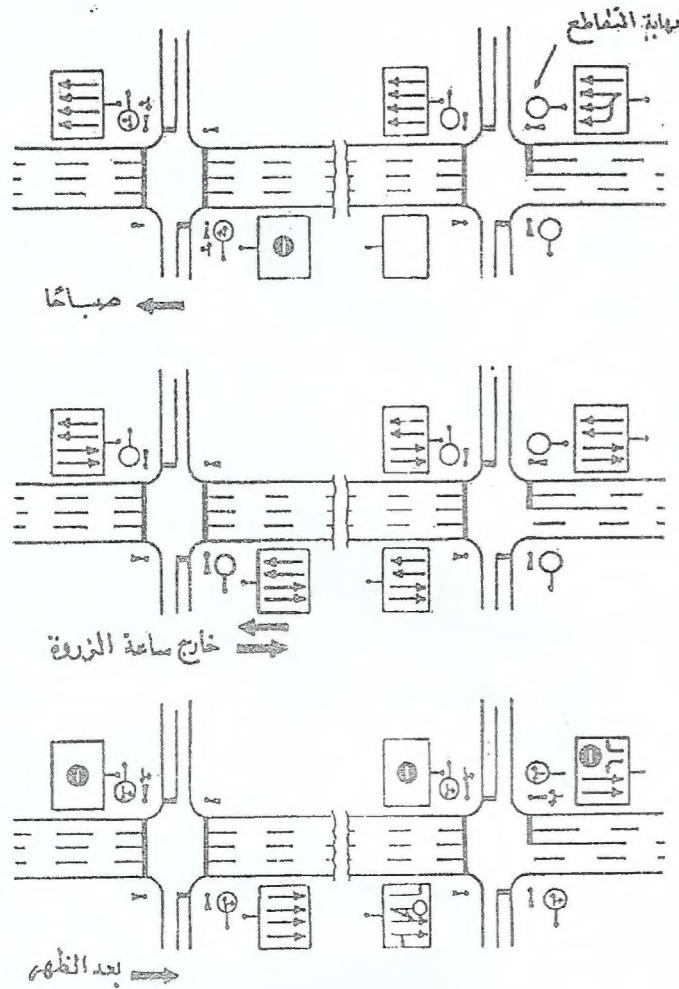


تشكل طرق الإتجاه الواحد على هيئة حرف T أو U

- مميزاتها: ١. زيادة السرعة
٢. تحسين سعة الطرق
٣. تقليل عدد الأطوار بالإشارات الضوئية
- عيوبها: ١. زيادة الرحلة
٢. زيادة الضوضاء وتلوث البيئة
٣. زيادة أعداد الحوادث، خاصة مع المشاة

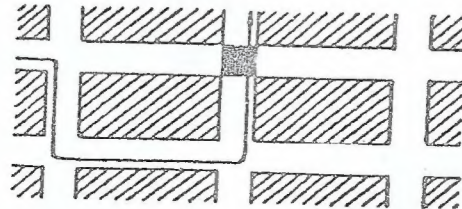
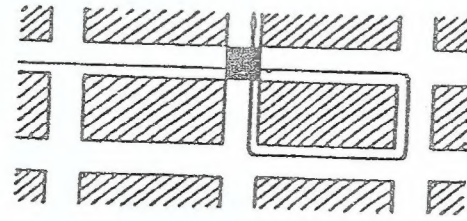
Improving the Traffic Condition on the main Traffic Arterials

❖ تغيير اتجاهات المرور زمنياً على شبكة الطرق (على سبيل المثال الاتجاه لوسط المدينة)



تغيير اتجاهات الحركة زمنياً

❖ تخفيف حدة الإختناقات عند بعض التقاطعات عن طريق منع الإتجاه لليسار



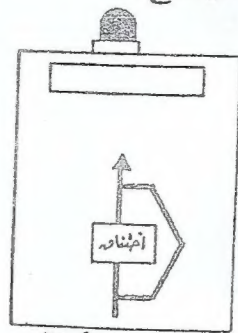
منع الإتجاه لليسار

Intelligent Traffic signals
❖ إشارات المرور الذكية (ITS)

re-routing

تستخدم إشارات المرور الذكية لتحويل إتجاهات المرور لمنطقة معينة بعيداً عن الإختناقات المرورية، وتعتمد في ذلك على القياس اللحظي الأتوماتيكي لأحجام المرور في الإتجاهات المختلفة

ضوء منقطع



تحويل المرور



مرور طبيعي